

ACEF/2122/0504537 — Guião para a auto-avaliação

I. Evolução do ciclo de estudos desde a avaliação anterior

1. Decisão de acreditação na avaliação anterior.

1.1. Referência do anterior processo de avaliação.

ACEF/1516/0504537

1.2. Decisão do Conselho de Administração.

Acreditar

1.3. Data da decisão.

2016-10-19

2. Síntese de medidas de melhoria do ciclo de estudos desde a avaliação anterior, designadamente na sequência de condições fixadas pelo CA e de recomendações da CAE.

2. Síntese de medidas de melhoria do ciclo de estudos desde a avaliação anterior, designadamente na sequência de condições fixadas pelo CA e de recomendações da CAE (Português e em Inglês, PDF, máx. 200kB).

[2._2._ponto_I.2_guiãoACEF_MAA_nov2021_v3.pdf](#)

3. Alterações relativas à estrutura curricular e/ou ao plano de estudos(alterações não incluídas no ponto 2).

3.1. A estrutura curricular foi alterada desde a submissão do guião na avaliação anterior?

Não

3.1.1. Em caso afirmativo, apresentar uma explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

-

3.1.1. If the answer was yes, present an explanation and justification of those modifications.

-

3.2. O plano de estudos foi alterado desde a submissão do guião na avaliação anterior?

Não

3.2.1. Em caso afirmativo, apresentar uma explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

-

3.2.1. If the answer was yes, present an explanation and justification of those modifications.

-

4. Alterações relativas a instalações, parcerias e estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem (alterações não incluídas no ponto 2)

4.1. Registaram-se alterações significativas quanto a instalações e equipamentos desde o anterior processo de avaliação?

Sim

4.1.1. Em caso afirmativo, apresentar uma breve explanação e fundamentação das alterações efetuadas.

Houve um forte investimento nas tecnologias: a FCUP renovou equipamento e alargou o nº de salas com sistema multimédia.

A biblioteca renovou espaços multimédia e disponibilidade de computadores.

4.1.1. If the answer was yes, present a brief explanation and justification of those modifications.

There was a strong investment in technology: FCUP renewed equipment and increased the number of rooms with multimedia systems.

The library renewed multimedia spaces and availability of computers.

4.2. Registaram-se alterações significativas quanto a parcerias nacionais e internacionais no âmbito do ciclo de estudos desde o anterior processo de avaliação?

Sim

4.2.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.

Desde o anterior processo de avaliação, deixou de estar vigente, por falta de renovação, o acordo de Duplo Grau Luso-Francês para o Mestrado entre a Universidade do Porto e a Université Paul Sabatier-Toulouse III, França. A não renovação prendeu-se com alterações na legislação portuguesa em 2016 referente aos graus duplos e por considerarmos que a fraca procura por estudantes de ambos os países não justificava a renovação.

4.2.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.

Since the previous evaluation process, the Luso-French Double Degree agreement for the Master's Degree established between the University of Porto and the Université Paul Sabatier-Toulouse III, France, is no longer in force due to lack of renewal. The non-renewal was due to changes in the Portuguese legislation in 2016 (regarding double degrees) and because we considered that the low demand by students from both countries did not justify the renewal.

4.3. Registaram-se alterações significativas quanto a estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem desde o anterior processo de avaliação?

Não

4.3.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.

-

4.3.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.

-

4.4. (Quando aplicável) registaram-se alterações significativas quanto a locais de estágio e/ou formação em serviço, protocolos com as respetivas entidades e garantia de acompanhamento efetivo dos estudantes durante o estágio desde o anterior processo de avaliação?

Não

4.4.1. Em caso afirmativo, apresentar uma síntese das alterações ocorridas.

-

4.4.1. If the answer was yes, present a synthesis of those changes.

-

1. Caracterização do ciclo de estudos.

1.1 Instituição de ensino superior.

Universidade Do Porto

1.1.a. Outras Instituições de ensino superior.

1.2. Unidade orgânica (faculdade, escola, instituto, etc.):

Faculdade De Ciências (UP)

1.2.a. Outra(s) unidade(s) orgânica(s) (faculdade, escola, instituto, etc.) (proposta em associação):

1.3. Ciclo de estudos.

Astronomia e Astrofísica

1.3. Study programme.

Astronomy and Astrophysics

1.4. Grau.

Mestre

1.5. Publicação do plano de estudos em Diário da República (PDF, máx. 500kB).

[1.5._1355513556.pdf](#)

1.6. Área científica predominante do ciclo de estudos.

Astronomia

1.6. Main scientific area of the study programme.

Astronomy

1.7.1. Classificação CNAEF – primeira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos):

441

1.7.2. Classificação CNAEF – segunda área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

<sem resposta>

1.7.3. Classificação CNAEF – terceira área fundamental, de acordo com a Portaria n.º 256/2005, de 16 de Março (CNAEF-3 dígitos), se aplicável:

<sem resposta>

1.8. Número de créditos ECTS necessário à obtenção do grau.

120

1.9. Duração do ciclo de estudos (art.º 3 DL n.º 74/2006, de 24 de março, com a redação do DL n.º 63/2016 de 13 de setembro):

4 semestres

1.9. Duration of the study programme (article 3, DL no. 74/2006, March 24th, as written in the DL no. 63/2016, of September 13th):

4 semesters

1.10. Número máximo de admissões.

15

1.10.1. Número máximo de admissões pretendido (se diferente do número anterior) e respetiva justificação.

Tendo principalmente em conta a capacidade de propostas de projetos de dissertação para os estudantes do CE no 2º ano, que nos parece o fator limitativo, propomos 20 como número máximo de admissões. Este número baseia-se no que antecipamos ser razoável e perfeitamente exequível, sem quebra de qualidade, do número de projetos de dissertação a serem assegurados principalmente pelos docentes do departamento e pelos investigadores que integram o nodo do Centro de Astrofísica da Universidade do Porto da principal unidade de investigação na área, o IA, num total de cerca de 40 docentes/investigadores (o que não exclui, obviamente, outras propostas). A equipa tem uma forte atividade de investigação e ligação com os parceiros do IA nos nodos de Lisboa e Coimbra, estando envolvida em vários projetos de grande escala a nível internacional (nomeadamente para o ESO e a ESA). Este número acomoda igualmente a possibilidade de alguns dos estudantes preferirem o estágio em detrimento da dissertação.

1.10.1. Intended maximum enrolment (if different from last year) and respective justification.

Taking mainly into account the capacity of dissertation project proposals aimed at the students in the 2nd year of the CE, which we consider to be the limiting factor, we propose 20 as the maximum number of admissions. This number is based on what we anticipate to be reasonable and perfectly feasible, without compromising the quality, of the number of dissertation projects to be ensured mainly by the lecturers of the department and the researchers that integrate the Centro de Astrofísica da Universidade do Porto node of the main research unit in the area, the IA, in a total of about 40 lecturers/researchers (which obviously does not exclude other proposals). The team has a strong research activity and liaison with the IA partners at the Lisbon and Coimbra nodes, and is involved in several large-scale projects at the international level (namely for ESO and ESA). This number also accommodates the possibility that some of the students may prefer the internship over the dissertation.

1.11. Condições específicas de ingresso.

São admitidos para candidatura ao Segundo Ciclo de Estudos em Astronomia e Astrofísica os detentores do grau de licenciado (mínimo de 180 créditos ECTS) ou equivalente legal, bem como detentores de um grau académico superior estrangeiro equivalente, cujo plano de estudos inclua pelo menos 30 créditos ECTS, ou equivalente, de Matemática e de Física, incluindo um mínimo de 12 créditos ECTS em cada uma dessas áreas científicas, bem como candidatos que estejam nestas condições à data da eventual inscrição no Segundo Ciclo de Estudos em Astronomia e Astrofísica. É ainda possível a admissão de detentores de um currículo escolar, científico ou profissional, que seja reconhecido como atestando capacidade para realização deste ciclo de estudos pela Comissão Científica do Segundo Ciclo de Estudos em Astronomia e Astrofísica.

1.11. Specific entry requirements.

Applicants to the Second Cycle (Master) in Astronomy and Astrophysics must hold a First Cycle (Bachelor) degree (minimum of 180 ECTS credits) or equivalent (including higher education foreign degrees), whose curriculum includes at least 30 ECTS credits, or equivalent, in Mathematics and Physics, including a minimum of 12 ECTS credits in each of these scientific areas. Candidates that may verify these conditions before the end of the registration period in the Master in Astronomy and Astrophysics can also apply. Holders of an academic, scientific or professional curriculum that is recognised as attesting the capacity to successfully complete this cycle of studies by the Scientific Committee of the Master in Astronomy and Astrophysics may also be admitted.

1.12. Regime de funcionamento.

Diurno

1.12.1. Se outro, especifique:

-

1.12.1. If other, specify:

-

1.13. Local onde o ciclo de estudos será ministrado:

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP)

1.14. Regulamento de creditação de formação académica e de experiência profissional, publicado em Diário da República (PDF, máx. 500kB).

[1.14. Regulamento de Creditação de Formação Anterior.pdf](#)

1.15. Observações.

De referir que o ano letivo de referência dos dados estatísticos indicados no guião é 2020/2021.

Especificamente no ponto 5.2 foram utilizados os anos 2020/2021, 2019/2020 e 2018/2019 (dados disponíveis). Ainda relativamente a este ponto, será de referir também que não são apresentados valores para os dois últimos indicadores do quadro, uma vez que, não se aplicam a segundos ciclos de estudos.

Relativamente ao ponto 6.1.1 foram utilizados os anos 2019/2020, 2018/2019 e 2017/2018, uma vez que são os últimos dados oficiais disponíveis.

1.15. Observations.

It should be noted that the reference academic year of the statistical data indicated in the form is 2020/2021.

Specifically in point 5.2, the academic years 2020/2021, 2019/2020 and 2018/2019 were considered (available data). Still referring to this point, it should also be noted that no values are presented for the last two indicators in the table as they do not apply to second cycles of studies.

Regarding point 6.1.1, data regarding the academic years 2019/2020, 2018/2019 and 2017/2018 were used as they are the last official data available.

2. Estrutura Curricular. Aprendizagem e ensino centrados no estudante.

2.1. Percursos alternativos, como ramos, variantes, áreas de especialização de mestrado ou especialidades de doutoramento, em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável)

2.1. Ramos, opções, perfis, maior/menor, ou outras formas de organização em que o ciclo de estudos se estrutura (se aplicável) / Branches, options, profiles, major/minor, or other forms of organisation compatible with the structure of the study programme (if applicable)

Opções/Ramos/... (se aplicável):

Não aplicável

Options/Branches/... (if applicable):

Not applicable

2.2. Estrutura curricular (a repetir para cada um dos percursos alternativos)

2.2. Estrutura Curricular - Não aplicável.

2.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor, ou outra (se aplicável).

Não aplicável.

2.2.1. Branches, options, profiles, major/minor, or other (if applicable)

Not applicable.

2.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and credits that must be obtained before a degree is awarded

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Mínimos Optativos / Minimum Optional ECTS*	Observações / Observations
Astronomia/Astronomy	AST	102	0	
Física/Physics	FIS	6	0	
Ciências de Computadores/ Física/ Geologia/ Matemática/ Química / Computer Sciences/ Physics/ Geology/ Chemistry/ Mathematics	CC/FIS/GEOL/M/Q	0	12	
(3 Items)		108	12	

2.3. Metodologias de ensino e aprendizagem centradas no estudante.

2.3.1. Formas de garantia de que as metodologias de ensino e aprendizagem são adequadas aos objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências) a desenvolver pelos estudantes, favorecendo o seu papel ativo na criação do processo de aprendizagem.

A avaliação é desenhada para aferir se as metodologias de ensino são adequadas aos objetivos de aprendizagem. Dado o interesse transversal a todas as UCs em preparar os estudantes para uma carreira em investigação, é praticamente generalizada a existência de componentes de avaliação distribuída e prática, em que os estudantes desenvolvem trabalhos práticos e/ou apresentam e discutem um trabalho científico. A participação presencial nas aulas também permite que os docentes vão avaliando e, se necessário, ajustem as metodologias de ensino. A avaliação distribuída é igualmente útil para os estudantes, no sentido de eles próprios irem avaliando o seu desempenho e terem a perceção de lacunas no seu percurso de aprendizagem. A equipa docente está sempre disponível para qualquer apoio aos estudantes.

Os resultados dos inquéritos pedagógicos são também tidos em conta pela Comissão Científica do CE e, em especial, por cada docente, para potenciais ajustes de um ano letivo para o seguinte.

2.3.1. Means of ensuring that the learning and teaching methodologies are coherent with the learning outcomes (knowledge, skills and competences) to be achieved by students, favouring their active role in the creation of the learning process.

Assessment is designed to evaluate whether the teaching methodologies are appropriate to the learning objectives. Given the cross-cutting interest in all UCs to prepare students for a career in research, it is practically generalized the existence of distributed and practical assessment components, in which students develop practical work and/or present and discuss a scientific paper. Students participation in classes also allows teachers to assess the effectiveness of teaching methodologies and, if necessary, adjust these. The distributed assessment is also useful for the students, in the sense that they evaluate themselves their performance and gain the perception of eventual gaps in their learning curve. The teachers are always available for any support the students may need. The results of the pedagogical surveys are also taken into account by the Scientific Committee of the CE, and especially by each teacher, for potential adjustments to be made from one academic year to the next.

2.3.2. Forma de verificação de que a carga média de trabalho necessária aos estudantes corresponde ao estimado em ECTS.

Os estudantes falam regularmente com o diretor do CE, de maneira informal, durante o período de aulas. A Comissão de Acompanhamento (CA) do CE reúne entre 2 a 4 vezes/ano (por convocatória ordinária ou sempre que se averiguar necessário) para monitorizar e refletir sobre o andamento do semestre em curso, incluindo a avaliação nas diferentes UCs, e para preparar o calendário de exames semestralmente. Antes de cada reunião, atempadamente, é pedido explicitamente aos estudantes que integram a CA que recolham, junto de todos os colegas, todo o feedback referente ao decorrer do trabalho nas diferentes UCs.

O diretor de CE contacta regularmente os docentes das UCs para reportar o feedback recolhido nestas reuniões e os eventuais problemas que tiverem sido identificados. Os júris das UCs têm igualmente um papel importante na verificação de se as provas escritas (testes, exames) são adequadas ao tempo de duração das mesmas.

2.3.2. Means of verifying that the required average student workload corresponds to the estimated in ECTS.

Students regularly speak with the course director, on an informal basis, during the term. The Monitoring Committee (CA) of the CE meets between 2 and 4 times/year (by ordinary summoning or whenever it is deemed necessary) to monitor and reflect on the progress of the semester, including the assessment in the different UCs, and to prepare the exams schedule every semester. Before each meeting, in due time, the students who are part of the CA are explicitly asked to collect, from all their colleagues, all the feedback regarding the ongoing progress in the different UCs. The course director regularly contacts the teachers of the UCs to report the feedback collected at these meetings and any problems that have been identified. The juries of the UCs also have an important role in checking that the written assignments (tests, exams) are adequately adjusted to their duration.

2.3.3. Formas de garantia de que a avaliação da aprendizagem dos estudantes é feita em função dos objetivos de aprendizagem.

Aquando da preparação de cada ano letivo, o diretor do CE verifica as fichas das UCs, analisando nesse momento a coerência entre a avaliação (proposta pelo docente responsável pela UC) e os objetivos de aprendizagem, e propondo

ajustes ou alterações quando necessário. No seguimento desse processo, o diretor do CE valida as fichas das UCs, que devem incluir a indicação explícita dos docentes que constituem o júri de cada UC (normalmente 3, incluindo o regente da UC). Estes são designados pelo diretor do departamento e sujeitos a análise/concordância pela comissão científica do departamento (e pelo diretor do CE). Compete aos júris das UCs verificar se os enunciados de testes, exames e trabalhos elaborados pelo regente são ajustados aos objetivos da UC, bem como se a duração e peso dessas componentes na avaliação são adequados, e alertar para possíveis problemas.

2.3.3. Means of ensuring that the student assessment methodologies are aligned with the intended learning outcomes.

When preparing each academic year, the course director checks the UC forms, analyzing the consistency between the assessment (proposed by the teacher responsible for the UC) and the learning objectives, and proposing adjustments or changes when necessary. Following this process, the course director validates the UC forms, which should include the explicit indication of the teachers that make up the jury of each UC (usually 3, including the UC responsible). These are appointed by the department director and subject to review/agreement by the department's scientific committee (and by the course director). It is the responsibility of the UC juries to verify whether the tests, exams and assignments prepared by the UC teacher are adjusted to the objectives of the UC, as well as to verify if the duration and weight of these components in the assessment are adequate, and to signal eventual problems.

2.4. Observações

2.4 Observações.

-

2.4 Observations.

-

3. Pessoal Docente

3.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação do ciclo de estudos.

3.1. Docente(s) responsável(eis) pela coordenação do ciclo de estudos.

Diretora de curso/ Course Director: Catarina Gasparinho Godinho Lobo (professora auxiliar, em exclusividade e a tempo integral/ assistant professor, in exclusivity at full-time).

Comissão Científica/ Scientific Committee: Catarina Gasparinho Godinho Lobo (presidente/ president), Jorge Filipe da Silva Gameiro (professor auxiliar, em exclusividade e a tempo integral/ assistant professor, in exclusivity at full-time), Pedro Teixeira Pereira Viana (professor associado, em exclusividade e a tempo integral/ associate professor, in exclusivity at full-time).

Comissão de Acompanhamento/ Monitoring Committee: Catarina Gasparinho Godinho Lobo (presidente/ president), Nuno Miguel Cardoso Santos (professor auxiliar com agregação, em exclusividade e a tempo integral/ assistant professor with aggregation, in exclusivity at full-time), André da Silva Andrade Pinheiro (estudante/ student), Hernán Cerviño Asorey (estudante/ student).

3.3 Equipa docente do ciclo de estudos (preenchimento automático)

3.3. Equipa docente do ciclo de estudos / Study programme's teaching staff

Nome / Name	Categoria / Category	Grau / Degree	Especialista / Specialist	Área científica / Scientific Area	Regime de tempo / Employment link	Informação/ Information
Álvaro Pedro de Barros Borges Reis Figueira	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciência de Computadores	100	Ficha submetida
Ana Paula de Frias Viegas Proença Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
André Ribeiro da Silva de Almeida Marçal	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Deteção Remota e Processamento de Imagem	100	Ficha submetida
Ariel Ricardo Negrão da Silva Guerreiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor		Engenharia Física	100	Ficha submetida
Augusto da Silveira Rodrigues	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Física	100	Ficha submetida
Deolinda Maria dos Santos Flores Marcelo da Fonseca	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor		Geologia	100	Ficha submetida
Helena Cristina Brites Martins	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor		Ciências Exactas, Naturais e Tecnológicas-Geologia	100	Ficha submetida

Helena Maria Sant'Ovaia Mendes da Silva	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Geologia	100	Ficha submetida
João José de Faria Graça Afonso Lima	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
João Manuel Borregana Lopes dos Santos	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Joaquim Agostinho Gomes Moreira	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Joaquim Fernando Pinto da Costa	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Matemática Aplicada	100	Ficha submetida
Jorge Filipe da Silva Gameiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
José Miguel do Carmo Nunes da Silva	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida
Maria Ângela de Carvalho Fernandes Almeida	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Geologia	100	Ficha submetida
Maria dos Anjos Marques Ribeiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Ciências Exactas, Naturais e Tecnológicas - Geologia	100	Ficha submetida
Maria Zélia Ramos Alves da Rocha	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Mário João Pires Fernandes Garcia Monteiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Miguel Sousa da Costa	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida
Orfeu Bertolami	Professor Catedrático ou equivalente	Doutor	Física Teórica	100	Ficha submetida
Pedro Pina Avelino	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astronomia/Física	100	Ficha submetida
Pedro Teixeira Pereira Viana	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Rita Paula Almeida Ribeiro	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Ciência de Computadores	100	Ficha submetida
Catarina Gasparinho Godinho Lobo	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astrofísica	100	Ficha submetida
Isabel Salgado Labouriau	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Jorge Miguel Milhazes Freitas	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Manuel Joaquim Bastos Marques	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Física	100	Ficha submetida
Ricardo Jorge Gomes Lopes Rocha	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Ciência de Computadores	100	Ficha submetida
Sílvio Marques Almeida Gama	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Matemática	100	Ficha submetida
Margarida Maria Salvador Cunha	Investigador	Doutor	Física -PULSATIONS OF MAGNETIZED STARS	100	Ficha submetida
Nuno Miguel Cardoso Santos	Professor Auxiliar ou equivalente	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Elisa Delgado Mena	Investigador	Doutor	Astrofísica	100	Ficha submetida
Jean Michel Silva de Miranda Gomes	Investigador	Doutor	Física com especialização em Astrofísica	100	Ficha submetida
Sérgio António Gonçalves de Sousa	Investigador	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Vardan Adibekyan	Investigador	Doutor	Astronomy	100	Ficha submetida
Tiago José Laço Caldas Esteves Campante	Investigador	Doutor	Astronomia	100	Ficha submetida
Maria Natália Dias Soeiro Cordeiro	Professor Associado ou equivalente	Doutor	Química Teórica	100	Ficha submetida
Pedro Manzoni Palmeirim	Investigador	Doutor	Astronomia e Astrofísica	100	Ficha submetida

<sem resposta>

3.4. Dados quantitativos relativos à equipa docente do ciclo de estudos.**3.4.1. Total de docentes do ciclo de estudos (nº e ETI)****3.4.1.1. Número total de docentes.**

38

3.4.1.2. Número total de ETI.

38

3.4.2. Corpo docente próprio do ciclo de estudos**3.4.2. Corpo docente próprio – docentes do ciclo de estudos em tempo integral / Number of teaching staff with a full time employment in the institution.***

Corpo docente próprio / Full time teaching staff	Nº de docentes / Staff number	% em relação ao total de ETI / % relative to the total FTE
Nº de docentes do ciclo de estudos em tempo integral na instituição / No. of teaching staff with a full time link to the institution:	31	81.578947368421

3.4.3. Corpo docente do ciclo de estudos academicamente qualificado**3.4.3. Corpo docente academicamente qualificado – docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor / Academically qualified teaching staff – staff holding a PhD**

Corpo docente academicamente qualificado / Academically qualified teaching staff	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor (ETI) / Teaching staff holding a PhD (FTE):	38	100

3.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado**3.4.4. Corpo docente do ciclo de estudos especializado / Specialised teaching staff of the study programme**

Corpo docente especializado / Specialized teaching staff	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*	
Docentes do ciclo de estudos com o grau de doutor especializados nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Teaching staff holding a PhD and specialised in the fundamental areas of the study programme	28	73.684210526316	38
Especialistas, não doutorados, de reconhecida experiência e competência profissional nas áreas fundamentais do ciclo de estudos (ETI) / Specialists not holding a PhD, with well recognised experience and professional capacity in the fundamental areas of the study programme	0	0	38

3.4.5. Estabilidade do corpo docente e dinâmica de formação**3.4.5. Estabilidade e dinâmica de formação do corpo docente / Stability and development dynamics of the teaching staff**

Estabilidade e dinâmica de formação / Stability and training dynamics	Nº de docentes (ETI) / Staff number in FTE	% em relação ao total de ETI* / % relative to the total FTE*	
Docentes do ciclo de estudos de carreira com uma ligação à instituição por um período superior a três anos / Career teaching staff of the study programme with a link to the institution for over 3 years	35	92.105263157895	38
Docentes do ciclo de estudos inscritos em programas de doutoramento há mais de um	0	0	38

ano (ETI) / FTE number of teaching staff registered in PhD programmes for over one year

4. Pessoal Não Docente

4.1. Número e regime de dedicação do pessoal não docente afeto à lecionação do ciclo de estudos.

O departamento responsável pela lecionação e bom funcionamento deste ciclo de estudos é o Departamento de Física e Astronomia da FCUP. O pessoal não docente deste departamento contempla 9 colaboradores a tempo integral (100%) e 1 colaborador a tempo parcial (50%).

O pessoal não docente dos Serviços Centrais da FCUP também está afeto a este CE uma vez que também são um elo de ligação entre a instituição e o estudante, particularmente a Unidade de Pós-graduação (7), o Gabinete de Avaliação Institucional e Qualidade (2), o Núcleo de Internacionalização e de Apoio ao estudante (2), e ainda o Núcleo de Tecnologias Educativas (3). O pessoal não docente dos Serviços Centrais da FCUP integra 13 colaboradores a tempo integral (100%) e 1 colaborador a tempo parcial (50%) pertencente ao Núcleo de Tecnologias Educativas.

4.1. Number and employment regime of the non-academic staff allocated to the study programme in the present year.

The department of Physics and Astronomy at FCUP is the department responsible for the teaching and management of this cycle of studies. The non-teaching staff of this department includes 9 full-time employees (100%) and 1 part-time employee (50%).

The non-teaching staff of the Central Services of FCUP is also assigned to this CE since they are also a link between the institution and the student, particularly the Pos-Graduation Unit (7), the Office of Institutional Evaluation and Quality (2), the Internationalization and Student Support Unit (2), and also the Educational Technologies Unit (3). The non-teaching staff at FCUP's Central Services includes 13 full-time collaborators (100%) and 1 part-time collaborator (50%) belonging to the Educational Technologies Center.

4.2. Qualificação do pessoal não docente de apoio à lecionação do ciclo de estudos.

Os 10 colaboradores do Departamento de Física e Astronomia apresentam as seguintes qualificações:

- Mestrado - 1 Técnico Superior;
- Licenciatura - 2 Técnicos Superior;
- 12º ano/Curso técnico-profissional - 5 Assistentes Técnico;
- 3º ciclo do Ensino Básico – 2 Assistentes Operacional.

Os 14 colaboradores dos Serviços Centrais da FCUP apresentam as seguintes qualificações:

- Mestrado – 5 Técnicos Superior;
- Licenciatura/Bacharelato – 7 Técnicos Superior e 1 Assistente Técnico;
- 3º ciclo do Ensino Básico - 1 Assistente Técnico.

4.2. Qualification of the non-academic staff supporting the study programme.

The 10 employees of the Department of Physics and Astronomy have the following qualifications:

- Master's degree - 1 Senior Technician;
- Graduation - 2 Senior Technicians;
- 12th grade/Professional Technical Course - 5 Technical Assistants;
- 3rd cycle of Basic Education - 2 Operational Assistants.

The 14 collaborators of the Central Services of FCUP have the following qualifications:

- Master's degree - 5 Senior Technicians;
- Graduation/Baccalaureate - 7 Senior Technicians and 1 Technical Assistant;
- 3rd cycle of Basic Education - 1 Technical Assistant.

5. Estudantes

5.1. Estudantes inscritos no ciclo de estudos no ano letivo em curso

5.1.1. Estudantes inscritos no ciclo de estudos no ano letivo em curso

5.1.1. Total de estudantes inscritos.

16

5.1.2. Caracterização por género

5.1.1. Caracterização por género / Characterisation by gender

Género / Gender	%
Masculino / Male	62.5
Feminino / Female	37.5

5.1.3. Estudantes inscritos por ano curricular.

5.1.3. Estudantes inscritos por ano curricular / Students enrolled in each curricular year

Ano Curricular / Curricular Year	Nº de estudantes / Number of students
1º ano curricular	4
2º ano curricular	12
	16

5.2. Procura do ciclo de estudos.

5.2. Procura do ciclo de estudos / Study programme's demand

	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano/ Last year	Ano corrente / Current year
N.º de vagas / No. of vacancies	15	15	15
N.º de candidatos / No. of candidates	4	15	9
N.º de colocados / No. of accepted candidates	4	15	8
N.º de inscritos 1º ano 1ª vez / No. of first time enrolled	2	11	3
Nota de candidatura do último colocado / Entrance mark of the last accepted candidate	0	0	0
Nota média de entrada / Average entrance mark	0	0	0

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes

5.3. Eventual informação adicional sobre a caracterização dos estudantes.

A distribuição dos estudantes por idade no ano letivo 2020/2021 era a seguinte: 6 estudantes (38 %) na faixa etária 20-23 anos, 2 estudantes (13%) na faixa etária 24-27 anos e 8 estudantes (50%) com mais de 28 anos.

No mesmo ano, registaram-se as seguintes proveniências dos estudantes: 14 (88%) nacionais e 2 (12%) estrangeiros, sendo que, destes 1 é proveniente da Europa e 1 dos países CPLP.

5 (31%) dos estudantes estavam inscritos em regime de tempo parcial.

5.3. Eventual additional information characterising the students.

The distribution of students by age in the academic year 2020/2021 was as follows: 6 students (38%) in the age group 20-23 years, 2 students (13%) in the age group 24-27 years and 8 students (50%) over 28 years.

In the same year, the following origins of the students were registered: 14 (88%) national and 2 (12%) foreigners, 1 of these coming from Europe and 1 from CPLP countries.

5 (31%) of the students were enrolled on a part-time basis.

6. Resultados

6.1. Resultados Académicos

6.1.1. Eficiência formativa.

6.1.1. Eficiência formativa / Graduation efficiency

	Antepenúltimo ano / Two before the last year	Penúltimo ano / One before the last year	Último ano / Last year
N.º graduados / No. of graduates	0	4	1
N.º graduados em N anos / No. of graduates in N years*	0	4	0
N.º graduados em N+1 anos / No. of graduates in N+1 years	0	0	1
N.º graduados em N+2 anos / No. of graduates in N+2 years	0	0	0
N.º graduados em mais de N+2 anos / No. of graduates in more than N+2 years	0	0	0

Pergunta 6.1.2. a 6.1.3.

6.1.2. Apresentar relação de teses defendidas nos três últimos anos, indicando, para cada uma, o título, o ano de conclusão e o resultado final (exclusivamente para cursos de doutoramento).

-

6.1.2. List of defended theses over the last three years, indicating the title, year of completion and the final result (only for PhD programmes).

-

6.1.3. Comparação do sucesso escolar nas diferentes áreas científicas do ciclo de estudos e respetivas unidades curriculares.

Em termos de números, a média da percentagem de aprovações nas UCs de cada área científica do CE no ano letivo 2020/2021 foi a que se indica de seguida.

Se considerarmos primeiro o sucesso medido pela razão entre os estudantes que obtiveram aprovação e o total de estudantes inscritos em cada uma das UC's de cada área, as percentagens são as seguintes:

Astronomia: 65.6% (9 UCs do tronco comum com as seguintes percentagens individuais: 66.67%, 100%, 66.67%, 50%, 50%, 66.67%, 100%, 60%, 30%)

Ciência de Computadores: 100% (2 UCs de opção envolvidas)

Física: 39.3% (referente a 1 UC do tronco comum com percentagem respetiva de 57.14% + 3 UCs de opção com percentagens respetivas de 0%, 100%, 0%)

Geologia: 0% (zero estudantes inscritos a UCs desta área científica neste ano letivo)

Matemática: 50% (2 UCs de opção envolvidas, sendo as percentagens individuais: 0%, 100%)

Química: 0% (zero estudantes inscritos a UCs desta área científica neste ano letivo)

Ensino e Divulgação das Ciências: 100% (UC optativa)

Ciência de Computadores/Engenharia Geográfica: 100% (UC optativa)

Média para o CE: 69.23%

Obviamente, estas percentagens melhoram, em geral, quando o sucesso é medido pela razão entre os estudantes que obtiveram aprovação e os estudantes avaliados. Nesse caso, temos:

Astronomia: 89.8% (9 UCs do tronco comum com as seguintes percentagens individuais: 100%, 100%, 66.67%, 75%, 100%, 66.67%, 100%, 100%, 100%)

Física: 41.7% (referente a 1 UC do tronco comum com percentagem respetiva de 66.67% + 3 UCs de opção com percentagens respetivas inalteradas)

Restantes áreas: inalterado

Média para o CE: 85.71%

Estes números corroboram a perceção da comissão científica de CE de que os estudantes inscritos no CE não têm tido dificuldade em obter aprovação às unidades curriculares obrigatórias (nas áreas científicas: Astronomia e Física), sendo raros os casos em que se torna necessário repetir a frequência numa dessas unidades curricular para obtenção de aprovação. Em termos das UCs de opção, e devido à dispersão dos estudantes por diferentes áreas científicas dessas UCs, os números são muito baixos (por vezes tendo apenas 1 estudante inscrito por UC optativa que possivelmente nem se sujeitou a avaliação) e por isso de difícil interpretação; no entanto, não parece haver nenhum caso flagrante de insucesso generalizado (sobretudo quando os estudantes se sujeitam a avaliação).

6.1.3. Comparison of the academic success in the different scientific areas of the study programme and the respective curricular units.

In terms of numbers, the average percentage of approvals in the UCs of each scientific area of the CE in the academic year 2020/2021 was as described below.

If we first consider the success measured by the ratio between students who got approved and the total number of students enrolled in each of the UCs in each area, the percentages are as follows:.

Astronomy: 65.6% (9 UCs of the common core of the CE with the following individual percentages: 66.67%, 100%, 66.67%, 50%, 50%, 66.67%, 100%, 60%, 30%)

Computer Science: 100% (2 optional UCs involved)

Physics: 39.3% (referring to 1 UC of the common core of the CE, with a respective percentage of 57.14% + 3 optional UCs, with respective percentages of 0%, 100%, 0%)

Geology: 0% (zero students enrolled in UCs in this area, in this academic year)

Mathematics: 50% (2 optional UCs involved, with individual percentages: 0%, 100%)

Chemistry: 0% (zero students enrolled in UCs in this scientific area, in this academic year)

Teaching and Divulagation of Science: 100% (optional UC)

Computer Science/ Surveying Engineering: 100% (optional UC)

Average for the CE: 69.23%.

Obviously, these percentages improve, in general, when success is measured by the ratio between students who got approved and students that submitted themselves to assessment. In that case, we have:

Astronomy: 89.8% (9 UCs of the common core with the following individual percentages: 100%, 100%, 66.67%, 75%, 100%, 66.67%, 100%, 100%, 100%).

Physics: 41.7% (referring to 1 UC of the common core of the CE, with a respective percentage of 66.67% + 3 optional UCs, with unaltered respective percentages)

Remaining areas: unchanged.

Average for the CE: 85.71%

These numbers corroborate the perception of the Scientific Committee of the CE that students enrolled in the course have had no difficulty in passing the mandatory course units (scientific areas: Astronomy and Physics), with rare

cases where it becomes necessary to repeat attendance in one of those course units in order to obtain approval. In terms of the optional UCs, and due to the spreading of students among different scientific areas of these UCs, the numbers are very low (sometimes having only 1 student registered for an optional subject that possibly did not even undergo assessment) and therefore difficult to interpret; however, there does not seem to be any flagrant case of widespread failure (especially when students undergo assessment).

6.1.4. Empregabilidade.

6.1.4.1. Dados sobre desemprego dos diplomados do ciclo de estudos (estatísticas da DGEEC ou estatísticas e estudos próprios, com indicação do ano e fonte de informação).

O CE tem um forte cariz científico, sendo o seu objetivo principal complementar e aprofundar a formação de estudantes licenciados em Astronomia, Física, Matemática e áreas afins, melhorando a sua preparação tendo em vista o início de uma carreira de investigação em Astronomia e Astrofísica, nomeadamente através do ingresso num 3º Ciclo de Estudos. A perceção da comissão científica do CE é que esta é, de facto, a via principal seguida pelos estudantes após conclusão do CE, não ingressando por isso imediatamente no mercado de trabalho. Infelizmente, no último relatório desenvolvido pelo Observatório do Emprego da Universidade do Porto (relativo aos diplomados em 2017/2018), não são apresentados dados específicos para o CE (devido ao número de diplomados ter sido menor que cinco e/ou devido a uma taxa de resposta dos estudantes inquiridos inferior a 10%).

6.1.4.1. Data on the unemployment of study programme graduates (statistics from the Ministry or own statistics and studies, indicating the year and the data source).

The CE has a strong scientific profile, and its main goal is to complement and deepen the training of students graduated in Astronomy, Physics, Mathematics and related areas, by improving their preparation in view of starting a research career in Astronomy and Astrophysics, namely by entering a 3rd Cycle. The perception of the CE Scientific Committee is that this is, in fact, the main path followed by students after concluding the CE, and therefore they do not immediately enter the labour market.

Unfortunately, in the last report developed by the Employment Observatory of the University of Porto (regarding students awarded a diploma in 2017/2018), specific data for the CE is not presented (due to the number of these students being less than five and/or due to a response rate of surveyed students of less than 10%).

6.1.4.2. Reflexão sobre os dados de empregabilidade.

Embora não haja dados atuais sobre a empregabilidade do CE, a perceção geral é a de que a situação continua complicada para as ciências fundamentais. No panorama nacional, a escassez e a instabilidade dos programas de financiamento, bem como a falta de perspetivas de emprego científico no futuro próximo, constituem certamente um forte entrave à captação de novos estudantes, sobretudo para uma área de aplicação não imediata como a Astronomia e Astrofísica.

No entanto, é de realçar que o trabalho desenvolvido nos últimos anos, em que houve um investimento significativo a nível nacional na contribuição para projetos de cariz instrumental e desenvolvimento de software no âmbito da participação na ESA e no ESO, e em grandes infraestruturas como o SKA, nomeadamente em parceria com indústria nacional, pode ajudar a melhorar esta capacidade de atratividade do CE e da área, ao mesmo tempo que se reforçam também as perspetivas de emprego.

6.1.4.2. Reflection on the employability data.

Although there is no current data on the employability of the CE, the general perception is that the situation remains complicated for the fundamental sciences. In the national panorama, the scarcity and instability of funding programmes, as well as the lack of prospects for scientific employment in the near future, certainly constitute a strong barrier to attracting new students, especially for an area of non-immediate application such as Astronomy and Astrophysics.

However, it should be noted that the work done in recent years, in which there was significant national investment in participation in instrumental projects and software development in the framework of our engagement in ESA and ESO, and in large infrastructures such as the SKA, particularly in partnership with national industry, can help to improve the attractiveness of the CE and the area, while boosting as well the employment perspectives.

6.2. Resultados das atividades científicas, tecnológicas e artísticas.

6.2.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua atividade científica

6.2.1. Centro(s) de investigação, na área do ciclo de estudos, em que os docentes desenvolvem a sua actividade científica / Research Centre(s) in the area of the study programme, where the teachers develop their scientific activities

Centro de Investigação / Research Centre	Classificação (FCT) / Mark (FCT)	IES / Institution	N.º de docentes do ciclo de estudos integrados/ No. of integrated study programme's teachers	Observações / Observations
INESC TEC - INESC Tecnologia e Ciência (INESC TEC)	Muito Bom	Inesc Tec - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC)	6	-
Centro de Matemática da Universidade do Porto (CMUP)	Excelente	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP/UP)	6	-

Centro de Física das Universidades do Minho e do Porto (CF-UM-UP)	Muito Bom	Universidade do Minho (UM); Universidade do Porto (UP)	4	-
Instituto de Ciências da Terra (ICT)	Muito Bom	Universidade de Évora (UE), Universidade do Porto (UP), Universidade do Minho (UM)	5	-
Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (IA)	Excelente	FCiências.ID - Associação para a Investigação e Desenvolvimento de Ciências (Fciências.ID)	14	-
Instituto de Física de Materiais Avançados, Nanotecnologia e Fotónica - Universidade do Porto (IFIMUP)	Excelente	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP/UP)	1	-
Laboratório Associado para a Química Verde - Tecnologias e Processos Limpos (REQUIMTE)	Excelente	REQUIMTE - Rede de Química e Tecnologia - Associação (REQUIMTE-P)	1	-

Pergunta 6.2.2. a 6.2.5.

6.2.2. Mapa-resumo de publicações científicas do corpo docente do ciclo de estudos em revistas internacionais com revisão por pares, livros ou capítulos de livros, ou trabalhos de produção artística, relevantes para o ciclo de estudos.

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/scientific-publication/formId/4ce71f69-9cf7-6281-abcc-617bb0d13843>

6.2.3. Mapa-resumo de outras publicações relevantes, designadamente de natureza pedagógica:

<https://www.a3es.pt/si/iportal.php/cv/other-scientific-publication/formId/4ce71f69-9cf7-6281-abcc-617bb0d13843>

6.2.4. Atividades de desenvolvimento tecnológico e artístico, prestação de serviços à comunidade e formação avançada na(s) área(s) científica(s) fundamental(ais) do ciclo de estudos, e seu contributo real para o desenvolvimento nacional, regional e local, a cultura científica e a ação cultural, desportiva e artística.

O CAUP-IA é a instituição naturalmente com maior associação ao CE e a principal instituição de acolhimento da maior parte das dissertações realizadas pelos estudantes do CE. O CAUP-IA apoia e promove a Astronomia & Astrofísica, assente em três pilares fundamentais e complementares: a investigação científica, a formação a vários níveis (desde o pós-graduado ao básico), e a divulgação da ciência e promoção da cultura científica. Os estudantes são assim integrados num meio onde são convidados a participar nas várias atividades do instituto. Ao nível da investigação e formação, o CAUP-IA realiza seminários, conferências e cursos avançados, em que os estudantes podem participar. Os seus investigadores estão envolvidos em projetos científicos e/ou de instrumentação internacionais, nomeadamente no âmbito da ESA e do ESO, e que envolvem parcerias e contratos com indústria nacional. Assim, e ao nível da dissertação, os estudantes são integrados nestes projetos.

Em termos da divulgação e promoção da cultura científica, tanto o IA como o Planetário do Porto - Centro Ciência Viva (que é gerido pelo CAUP em nome da UP) desenvolvem e oferecem variadas iniciativas regulares para as escolas e para o público em geral. Para além de sessões de planetário e de observação, laboratórios hands-on para escolas e exposições, o CAUP participa na organização de alguns eventos mais ecléticos de música, cinema e artes performativas. Mais uma vez, os estudantes do CE podem usufruir e/ou, em demonstrando interesse, participar nestas atividades.

Os estudantes de Astronomia & Astrofísica partilham ainda variadas atividades com estudantes de outros CE da FCUP, organizadas ao nível do departamento (nomeadamente pelo Núcleo de Estudantes de Física da UP), da Faculdade e da Universidade. Algumas destas atividades são internas e outras são organizadas para o exterior - por exemplo, neste ano, pelo menos uma estudante do CE participou ativamente na organização do PLANCKS 2021 (uma competição internacional de física destinada a equipas de alunos de licenciatura e mestrado, que este ano envolveu cerca de 200 estudantes de física de pelo menos 24 países de todo o mundo) e em anos passados um estudante do CE foi monitor do AstroCamp (um programa académico na área da astronomia e física destinado a estudantes do ensino secundário de diversos países, organizado pelo CAUP em parceria com o ESO e o município de Paredes de Coura). Os estudantes do CE costumam disponibilizar-se também para participar na Mostra da UP, que decorre anualmente.

6.2.4. Technological and artistic development activities, services to the community and advanced training in the fundamental scientific area(s) of the study programme, and their real contribution to the national, regional or local development, the scientific culture and the cultural, sports or artistic activity.

CAUP-IA is the institution that is naturally most associated with the CE. It is also the main host institution for most of the dissertations carried out by the students of this CE. CAUP-IA supports and promotes Astronomy & Astrophysics, based on three fundamental and complementary pillars: scientific research, training at various levels (from postgraduate to basic), and the dissemination of science and promotion of scientific culture. Students are thus integrated in an environment where they are invited to participate in the various activities of the institute. At the level of research and training, CAUP-IA holds seminars, conferences and advanced courses, in which students can participate. Its researchers are involved in international scientific and/or instrumentation projects, namely in the scope of ESA and ESO, and that involve partnerships and contracts with national industry. Thus, and at the dissertation level, students are integrated in these projects.

In terms of dissemination and promotion of scientific culture, both the IA and the Porto Planetarium - Centro Ciência Viva (which is managed by CAUP on behalf of UP) develop and offer various regular initiatives for schools and the general public. Besides planetarium shows and public observation sessions, hands-on labs for schools and exhibitions, CAUP also participates in the organization of more eclectic events of music, cinema and performing arts. Once again, the students can enjoy and/or, if interested, participate in these activities.

Astronomy & Astrophysics students also share a variety of activities with students from other FCUP courses, organised at the department level (namely by the UP Physics Students' Group), at the Faculty level and at the University level. Some of these activities are internal and others are organized externally - for example, in this year, at least one student from the CE participated actively in the organization of PLANCKS 2021 (an international physics

competition for teams of undergraduate and master students, which involved about 200 physics students from at least 24 countries around the world) and in past years another student was a monitor at the AstroCamp (an academic programme in the area of astronomy and physics for secondary school students from several countries, organised by CAUP in partnership with ESO and the municipality of Paredes de Coura). The students are also usually available to participate in the UP Show, which takes place every year.

6.2.5. Integração das atividades científicas, tecnológicas e artísticas em projetos e/ou parcerias nacionais e internacionais, incluindo, quando aplicável, indicação dos principais projetos financiados e do volume de financiamento envolvido.

Na sua maioria, os projetos de dissertação são enquadrados pelo Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (total ou parcialmente), e envolvem, direta ou indiretamente, parcerias internacionais. Existe em particular uma relação estreita com projetos ESO e ESA (relacionados com o desenvolvimento e exploração científica de novos equipamentos) que envolvem docentes do DFA e a unidade de investigação principal associada ao CE (o IA). Exemplos atuais incluem os projetos ESPRESSO e MOONS (co-liderados pela instituição) e as missões espaciais CHEOPS e Euclid (com participação significativa).

A associação ao IA permite igualmente assegurar financiamento para as diversas atividades relacionadas com a investigação. Financiamentos desde 2015: ~3.2 MEuro de financiamento base; ~1.5 MEuro de projetos FCT.

6.2.5. Integration of scientific, technologic and artistic activities in projects and/or partnerships, national or international, including, when applicable, the main projects with external funding and the corresponding funding values.

Most dissertation projects are hosted by the Institute for Astrophysics and Space Sciences (totally or partially), and involve, directly or indirectly, international partnerships. In particular, there is a close relationship with ESO and ESA projects (related to the development and scientific exploitation of new equipment) involving faculty staff of the department of Physics and Astronomy and the main research unit associated with the CE (IA). Current examples include the ESPRESSO and MOONS projects (co-lead by the institution) and the CHEOPS and Euclid space missions (with significant participation).

The association with the IA also allows securing funding for various research-related activities. Funding since 2015: ~3.2 MEuro of base funding; ~1.5 MEuro of FCT projects.

6.3. Nível de internacionalização.

6.3.1. Mobilidade de estudantes e docentes

6.3.1. Mobilidade de estudantes e docentes / Mobility of students and teaching staff

	%
Alunos estrangeiros matriculados no ciclo de estudos / Foreign students enrolled in the study programme	12
Alunos em programas internacionais de mobilidade (in) / Students in international mobility programmes (in)	0
Alunos em programas internacionais de mobilidade (out) / Students in international mobility programmes (out)	0
Docentes estrangeiros, incluindo docentes em mobilidade (in) / Foreign teaching staff, including those in mobility (in)	0
Mobilidade de docentes na área científica do ciclo de estudos (out) / Teaching staff mobility in the scientific area of the study (out).	0

6.3.2. Participação em redes internacionais com relevância para o ciclo de estudos (redes de excelência, redes Erasmus).

6.3.2. Participação em redes internacionais com relevância para o ciclo de estudos (redes de excelência, redes Erasmus).

O CE recebe ocasionalmente estudantes no âmbito do programa Erasmus, que normalmente frequentam UCs individuais (não se inscrevendo no CE). Não existe atualmente outra participação oficial em redes internacionais a realçar, embora haja perspectivas para eventual participação no futuro próximo (no âmbito do programa Erasmus+ para o caso particular das universidades parceiras pertencentes ao EUGLOH e no âmbito do programa Erasmus Mundus Joint Master (EMJM) in Planetary Geosciences – GEOPLANET - candidatura em fase de avaliação).

6.3.2. Participation in international networks relevant for the study programme (excellence networks, Erasmus networks, etc.).

The CE occasionally hosts students under the Erasmus programme, who normally attend individual UCs (not enrolling in the CE). There is currently no other official participation in international networks, although there are prospects for a possible participation in the near future (under the Erasmus+ program for the particular case of the EUGLOH partner universities and under the Erasmus Mundus Joint Master (EMJM) in Planetary Geosciences - GEOPLANET - application currently under evaluation).

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual informação adicional sobre resultados.

6.4. Eventual additional information on results.

7. Organização interna e mecanismos de garantia da qualidade

7.1 Existe um sistema interno de garantia da qualidade certificado pela A3ES

7.1. Existe um sistema interno de garantia da qualidade certificado pela A3ES (S/N)?

Se a resposta for afirmativa, a Instituição tem apenas que preencher os itens 7.1.1 e 7.1.2, ficando dispensada de preencher as secções 7.2.

Se a resposta for negativa, a Instituição tem que preencher a secção 7.2, podendo ainda, se o desejar, proceder ao preenchimento facultativo dos itens 7.1.1 e/ou 7.1.2.

Sim

7.1.1. Hiperligação ao Manual da Qualidade.

https://sigarra.up.pt/up/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=27024&pv_cod=37aaavaSwEa0

7.1.2. Anexar ficheiro PDF com o último relatório de autoavaliação do ciclo de estudos elaborado no âmbito do sistema interno de garantia da qualidade (PDF, máx. 500kB).

[7.1.2._FCUP - Relatório de curso.pdf](#)

7.2 Garantia da Qualidade

7.2.1. Mecanismos de garantia da qualidade dos ciclos de estudos e das atividades desenvolvidas pelos Serviços ou estruturas de apoio aos processos de ensino e aprendizagem, designadamente quanto aos procedimentos destinados à recolha de informação (incluindo os resultados dos inquéritos aos estudantes e os resultados da monitorização do sucesso escolar), ao acompanhamento e avaliação periódica dos ciclos de estudos, à discussão e utilização dos resultados dessas avaliações na definição de medidas de melhoria e ao acompanhamento da implementação dessas medidas.

7.2.1. Mechanisms for quality assurance of the study programmes and the activities promoted by the services or structures supporting the teaching and learning processes, namely regarding the procedures for information collection (including the results of student surveys and the results of academic success monitoring), the monitoring and periodic assessment of the study programmes, the discussion and use of the results of these assessments to define improvement measures, and the monitoring of their implementation.

7.2.2. Indicação da(s) estrutura(s) e do cargo da(s) pessoa(s) responsável(eis) pela implementação dos mecanismos de garantia da qualidade dos ciclos de estudos.

7.2.2. Structure(s) and job role of person(s) responsible for implementing the quality assurance mechanisms of the study programmes.

7.2.3. Procedimentos de avaliação do desempenho do pessoal docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

7.2.3. Procedures for the assessment of teaching staff performance and measures for their continuous updating and professional development.

7.2.3.1. Hiperligação facultativa ao Regulamento de Avaliação de Desempenho do Pessoal Docente.

<sem resposta>

7.2.4. Procedimentos de avaliação do pessoal não-docente e medidas conducentes à sua permanente atualização e desenvolvimento profissional.

7.2.4. Procedures for the assessment of non-academic staff performance and measures for their continuous updating and professional development.

7.2.5. Forma de prestação de informação pública sobre o ciclo de estudos.

-

7.2.5. Means of providing public information on the study programme.

-

7.2.6. Outras vias de avaliação/acreditação nos últimos 5 anos.

-

7.2.6. Other assessment/accreditation activities over the last 5 years.

-

8. Análise SWOT do ciclo de estudos e proposta de ações de melhoria**8.1 Análise SWOT global do ciclo de estudos****8.1.1. Pontos fortes**

- Associação a uma unidade de investigação de excelência (Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, IA) na área científica em questão, e inserção numa das melhores universidades a nível nacional, contribuem para que o ciclo de estudos possua uma imagem de grande qualidade.
- Corpo docente altamente qualificado, possuidor de elevados índices de publicação, integrado em unidades de I&D de referência e em grandes colaborações científicas internacionais, e que cobre todas as áreas científicas relevantes para o ciclo de estudos.
- Investigadores externos (maioritariamente do IA) jovens e ativos, nacionais e internacionais, e com elevada qualidade e impacto nas suas áreas, participam na docência e orientam (ou co-orientam) dissertações.
- Estrutura curricular articulada e polivalente, na medida em que permite a frequência de unidades curriculares de áreas científicas complementares à área científica principal.
- Abertura a estudantes com formação prévia distinta, salvaguardando-se, ainda assim, através da imposição das condições de acesso, que os estudantes aceitem possuir os conhecimentos e competências adequadas à frequência do ciclo de estudos.
- Material do CE em língua inglesa e possibilidade de lecionação em inglês no caso de haver estudantes estrangeiros.
- Promoção da divulgação dos projetos científicos realizados pelos estudantes em dissertação, através da participação em conferências (nacionais, como por exemplo ENAA, IJUP, e internacionais) e palestras na FCUP e no IA.
- Boa capacidade de adaptação rápida ao formato de ensino online durante a pandemia, sem perda significativa de eficiência e qualidade.

8.1.1. Strengths

- Association to a research unit of excellence (Institute of Astrophysics and Space Sciences, IA) in the scientific area in question, and insertion in one of the best universities at national level, contribute to an image of high quality of the CE.
- Highly qualified teaching staff, with high publication rates, integrated in R&D reference units and in large international scientific collaborations, covering all the scientific areas relevant for the CE.
- Young and active external researchers (mostly from IA), national and international, with high quality and impact in their areas, participate in teaching and supervision (or co-supervision) of dissertations.
- Articulated and multipurpose curricular structure, as it allows the attendance of curricular units of complementary scientific areas to the main scientific area.
- Openness to students with distinctive previous training, safeguarding nonetheless, through the specific access requirements, that the accepted students have the knowledge and competences adequate to the frequency of the CE.
- All material is provided in English language and there's the possibility of teaching in English in the case of attendance of foreign students.
- Promotion of the dissemination of the scientific projects carried out by the dissertation students, through participation in conferences (national, such as ENAA, IJUP, and international) and seminars at FCUP and IA.
- Good capacity to quickly adapt to the online teaching format during the pandemic, without significant loss of efficiency or quality.

8.1.2. Pontos fracos

- Visibilidade reduzida do ciclo de estudos a nível nacional e internacional.
- Limitações: de apoio financeiro - falta de bolsas específicas para 2º ciclo (por exemplo da FCUP ou da FCT), nomeadamente para pagar propinas.- e de recursos humanos - para realizar ações de divulgação do CE.
- Baixo número de candidatos.

8.1.2. Weaknesses

- Low visibility of the study cycle at national and international level.
- Limitations: of financial support - lack of specific 2nd cycle scholarships (for example from FCUP or FCT), namely to

pay tuition fees - and of human resources - to carry out actions to promote the CE.
- Low number of applicants.

8.1.3. Oportunidades

- *Excelência e atratividade do Programa Doutoral em Astronomia, sediado na FCUP, e com algum financiamento de bolsas possível através da unidade de I&D Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço.*
- *Oferta reduzida de formação em Astronomia e Astrofísica a nível de mestrado, no contexto nacional.*
- *Associação ao Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (classificação excelente e visibilidade internacional na área do Ciclo de Estudos) proporciona um ambiente dinâmico (nomeadamente através da organização de seminários, cookies seminars, jornal clubs, reuniões de equipa, etc, que estão abertas à participação dos estudantes), e rico em colaborações e participação em projetos internacionais de ponta que permitem disponibilizar um elevado número de projetos de investigação conducentes a Dissertação, por vezes com possibilidade de financiamento, pelo menos parcial, para a sua execução.*
- *Presença de Portugal no Observatório Europeu do Sul (ESO), Agência Espacial Europeia (ESA) e Square Kilometer Array (SKA) assegura interesse a nível governamental no desenvolvimento da Astronomia e Astrofísica, visibilidade para esta área científica e grande potencial para projetos de investigação conducentes a Dissertação.*
- *O novo programa Erasmus+ da União Europeia disponibiliza financiamento individual para Dissertação/Estágio e para redes temáticas.*
- *O Porto é uma cidade segura e atrativa para estudantes deslocados (nomeadamente internacionais).*
- *A mudança para online de várias conferências e workshops, muitas delas com participação aberta e aceitando também estudantes de mestrado, possibilita mais facilmente a divulgação dos trabalhos científicos dos estudantes na fase final da dissertação, ajudando assim a promover a imagem do CE a nível nacional e internacional.*

8.1.3. Opportunities

- *Excellence and attractiveness of the PhD Programme in Astronomy, based at FCUP, and with some scholarship funding possible through the R&D unit Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço.*
- *Reduced offer of Astronomy and Astrophysics training at Master's level, in the national context.*
- *Association with the Institute of Astrophysics and Space Sciences (excellent classification and international visibility in the area of the CE) provides a dynamic environment (namely through the organization of seminars, cookies seminars, journal clubs, team meetings, etc, which are open to student participation), and rich in collaborations and participation in cutting-edge international projects that allow proposing a high number of research projects leading to Dissertation, sometimes with the possibility of at least partial funding for their execution.*
- *Portugal's presence in the European Southern Observatory (ESO), European Space Agency (ESA) and Square Kilometer Array (SKA) ensures interest at government level in the development of Astronomy and Astrophysics, visibility for this scientific area and great potential for research projects leading to a Dissertation.*
- *The new Erasmus+ programme of the European Union provides individual funding for Dissertation/Internship and for thematic networks.*
- *Porto is a safe and attractive city for mobility students (namely international students).*
- *The shift to online of several conferences and workshops, many of them with open participation and accepting also Master students, makes it easier to disseminate the scientific work of students in the final stage of the dissertation, thus helping to promote the image of the CE nationally and internationally.*

8.1.4. Constrangimentos

- *Propinas elevadas para estudantes estrangeiros, agravadas pelo facto de a cidade do Porto se ter vindo a tornar, nos últimos anos, uma cidade extremamente cara em termos de alojamento (o que, obviamente, afeta igualmente os estudantes nacionais deslocados).*
- *Perceção incorreta, no seio da população alvo, da empregabilidade de alguém com formação em Astronomia e Astrofísica, e do que é fazer investigação em Astronomia e Astrofísica.*
- *Dificuldades, e instabilidade, de financiamento da ciência devido ao contexto nacional e internacional, com evidentes repercussões a todos os níveis (diminuição na taxa de sucesso dos projetos de investigação, consequente diminuição do número de projetos de dissertação oferecidos e da possibilidade de bolsas, já escassas, no âmbito desses projetos).*
- *Impacto da pandemia na procura deste ciclo de estudos.*

8.1.4. Threats

- *Expensive fees for foreign students, aggravated by the fact that the city of Porto has become, in recent years, an extremely expensive city in terms of accommodation (which, obviously, also affects displaced national students).*
- *Incorrect perception, within the target population, of the employability of someone with training in Astronomy and Astrophysics, and of what it is to do research in Astronomy and Astrophysics.*
- *Difficulties, and instability, of science funding due to the national and international context, with obvious repercussions at all levels (decrease in the success rate of research projects, consequent decrease in the number of dissertation projects offered and the possibility of grants, already scarce, within these projects).*
- *Impact of the pandemic on the demand for this cycle of studies.*

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Visibilidade reduzida do ciclo de estudos a nível nacional e internacional.

Ação de melhoria - Continuar a assegurar a presença online através de website próprio do ciclo de estudos, mantendo a sua articulação com o website do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço (IA). O Núcleo de Tecnologias Educativas da FCUP disponibilizou recentemente uma página web baseada num template comum para todos os mestrados da FCUP. A Direção do CE analisará as vantagens/desvantagens de manter a presença online do CE por este meio ou através da continuidade do website próprio (que, por falta de recursos humanos, nunca foi tão desenvolvido quanto tinha sido proposto originalmente e seria desejável). É ainda de realçar o recente aumento de meios e mecanismos de divulgação do CE junto de potenciais candidatos por meio de iniciativas do Serviço de Imagem, Comunicação e Cooperação (SICC) da FCUP. É importante que estas iniciativas – que têm tido toda a cooperação e apoio da direção do CE – prossigam e se alarguem ao mercado internacional, através da tradução dos conteúdos produzidos por esta equipa para língua inglesa. Muitos destes conteúdos são disponibilizados nas redes sociais de ampla disseminação (instagram, twitter, facebook, linkedin, youtube).

Por outro lado, a Direção do CE continuará a manter presença em eventos de cariz local (Mostra de Mestrados da FCUP, Mostra da UP, etc) para divulgar o CE, e a incentivar a participação dos seus estudantes em encontros nacionais (ex: IJUP - Encontro de Investigação Jovem da UP, JEFFA - Jornadas em Engenharia Física, Física e Astronomia do DFA, ENAA - Encontro Nacional de Astronomia e Astrofísica, etc) para divulgação do seu trabalho de dissertação, o que, inevitavelmente, contribui para a promoção do CE.

Não menos importante tem sido o papel continuado das ações de divulgação do CAUP-IA. É nossa percepção que estas ações têm chegada efetivamente a um público numeroso e variado em termos de localização geográfica, faixa etária e mesmo interesses. Como tal, têm contribuído eficazmente para promover a Astronomia e Astrofísica, divulgando amplamente (i) o impacto, a qualidade e a internacionalização que a investigação nacional em A&A já atingiu, (ii) a participação e liderança de investigadores de instituições portuguesas em projetos tecnológicos de ponta ligados ao Espaço, que abrem um grande leque de oportunidades, mesmo a nível de empresas e indústria nacionais, (iii) o impacto da formação e investigação em A&A no desenvolvimento da sociedade.

8.2.1. Improvement measure

Weak point - Low visibility of the study cycle at a national and international level.

Improvement action - Continue to ensure online presence through the website of the CE, maintaining its articulation with the website of the Institute of Astrophysics and Space Sciences (IA). The Núcleo de Tecnologias Educativas da FCUP has recently made available a webpage based on a common template for all masters' programmes of FCUP. The Scientific Committee of the CE will analyse the advantages/disadvantages of maintaining the CE's online presence through this means or through the continuity of its own website (which, due to lack of human resources, has never been as developed as originally proposed and would be desirable). It is also worth noting the recent increase of means and mechanisms to disseminate the CE to potential applicants through initiatives of the Image, Communication and Cooperation Service (SICC) of FCUP. It is important that these initiatives - which have had the full cooperation and support of the CE Scientific Committee - continue and are extended to the international market, through the translation to English of the contents produced by this team. Many of these contents are made available on social networks of wide dissemination (instagram, twitter, facebook, linkedin, youtube).

On the other hand, the Scientific Committee of the CE will continue to maintain a presence at local events (FCUP's Master's Degree Show, UP's Show, etc.) to publicise the CE, and to encourage the participation of its students in national meetings (e.g. IJUP - Meeting of Young Researchers of UP, JEFFA - Engineering Physics, Physics and Astronomy Days of the Department of Physics and Astronomy, ENAA - National Meeting of Astronomy and Astrophysics, etc.) to disseminate their dissertation work, which inevitably contributes to the promotion of the CE. No less important has been the continuous role of the dissemination actions led by CAUP-IA. It is our perception that these actions have effectively reached a numerous and varied public in terms of geographical location, age group and even interests. As such, they have effectively contributed to promote Astronomy and Astrophysics, widely disseminating (i) the impact, quality and internationalization that national research in A&A has already achieved, (ii) the participation and leadership of researchers from Portuguese institutions in cutting-edge technological projects related to Space, which open a wide range of opportunities, even at the level of national companies and industry, (iii) the impact of training and research in A&A in the development of society.

8.2.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: alta.

Tempo de implementação: em geral, este é um trabalho “de fundo” que vai sendo feito e atualizado constantemente. O website atual do CE está atualizado e o seu desenvolvimento ou descontinuação, em detrimento de website oferecido pelo Núcleo de Tecnologias Educativas da FCUP, será decidido em 2022 pela Comissão Científica do CE.

8.2.2. Priority (high, medium, low) and implementation time.

Priority: high.

Implementation time: in general, this is a "background" work that is constantly being done and updated. The current website of the CE is up to date and its development or discontinuation, in detriment of the website offered by FCUP's Educational Technologies Centre, will be decided in 2022 by the Scientific Committee of the CE.

8.1.3. Indicadores de implementação

Relativamente ao website próprio do ciclo de estudos, propomos inserir informação ou links referentes a oportunidades de financiamento e empregabilidade. Nas redes sociais, serão divulgadas imagens apelativas sobre os temas abordados no CE (muitas referentes a notas de imprensa de trabalhos desenvolvidos no IA) bem como entrevistas - nomeadamente a alunos atuais e ex-alunos, que falam do seu percurso no CE e oportunidades futuras. Os links para este material também poderão ser disponibilizados no website próprio do CE.

8.1.3. Implementation indicator(s)

Regarding the specific website of the study cycle, we propose to insert there information about or links to funding and employment opportunities. In the social networks, appealing images related to the subjects covered in the CE (several of which related with press releases about work developed at IA) will be posted, as well as interviews - namely with current and former students, who talk about their path in the CE and future opportunities. Links to this material can also be made available on the website of the CE.

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Limitações: de apoio financeiro - falta de bolsas específicas para 2º ciclo (por exemplo da FCUP ou da FCT), nomeadamente para pagar propinas.- e de recursos humanos - para realizar ações de divulgação do CE. Ação de melhoria - Continuaremos a explorar a possibilidade de aumentar o envolvimento do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço no financiamento de estudantes, por meio de bolsas associadas a projetos de I&D no âmbito dos quais são propostos temas de dissertação. Será igualmente explorada a ligação privilegiada com esta instituição para divulgação do CE.

A direção do CE reconhece que o reforço, por parte da FCUP, da equipa e meios do Serviço de Imagem, Comunicação e Cooperação e do Núcleo de Tecnologias Educativas revelam um empenho e investimento da Faculdade para apoiar os Diretores dos CE na divulgação dos mesmos. As iniciativas destas equipas, que contam com recursos humanos e técnicos próprios da FCUP, são essenciais para suprir as limitações e falta de disponibilidade da direção do CE para assegurar mais esta tarefa.

8.2.1. Improvement measure

Weakness - Limitations: of financial support - lack of specific 2nd cycle scholarships (for example from FCUP or FCT), namely to pay tuition fees - and of human resources - to carry out actions to promote the CE.

Improvement action - We will continue to explore the possibility of increasing the involvement of the Institute of Astrophysics and Space Sciences in funding students, through grants associated with R&D projects in the framework of which dissertation topics are proposed. The privileged link with this institution will also be explored for publicizing the CE.

The Scientific Committee of the CE recognizes that the strengthening, by FCUP, of the team and means of the Image, Communication and Cooperation Service and of the Educational Technologies Centre reveals a commitment and investment of the Faculty to support the course directors in the dissemination of information about the CEs. The initiatives of these teams, which have their own human and technical resources from FCUP, are essential to overcome the limitations and lack of availability of the Scientific Committee of the CE to ensure this additional task.

8.2.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: alta.

Tempo de implementação: tal como no ponto anterior, este trabalho já foi iniciado e continuará a ser feito de maneira persistente.

8.2.2. Priority (high, medium, low) and implementation time.

Priority: high.

Implementation time: as in the previous point, this work has already been started and will continue to be done persistently.

8.1.3. Indicadores de implementação

Manutenção de informação atualizada e atrativa nas redes sociais e no website do CE, nomeadamente da abertura de bolsas no âmbito de projetos de I&D.

8.1.3. Implementation indicator(s)

Updated and attractive information will be posted and kept on social networks and on the CE website, namely on the opening of grants within the scope of R&D projects.

8.2. Proposta de ações de melhoria

8.2.1. Ação de melhoria

Ponto fraco - Baixo número de candidatos.

Ação de melhoria - Propõe-se a reorganização do CE em 3 especializações: Astrofísica, Astrobiologia e Tecnologias para as Ciências do Espaço. Enquanto que o 1º perfil mantém essencialmente as características atuais do CE, os 2 novos perfis assentam numa aposta estratégica em áreas/vias emergentes de reconhecido impacto e potencial num futuro muito próximo, e que se espera serem de elevada atratividade para os estudantes que ingressam no ensino superior.

No perfil em Astrobiologia, pretende-se proporcionar formação introdutória nesta área pela primeira vez e como caso único em Portugal. Largamente facilitada pela expertise diversificada existente na FCUP nas várias áreas científicas relevantes, e espelhada nas suas UCs, esta ação pretende igualmente responder ao crescente interesse neste tópico, manifestado por estudantes de diferentes licenciaturas.

Em termos estratégicos, esta parece-nos ser uma excelente oportunidade para captar mais estudantes para o CE e alargar a oferta formativa da instituição a uma área de cariz multidisciplinar e atualmente inexistente a nível nacional,

mas que já começa a ganhar grande relevância internacionalmente. De facto, perspetiva-se que a Astrobiologia seja uma das áreas científicas de maior impacto nas próximas décadas (facto que terá levado à recente criação do European Astrobiology Institute, do Centro de Astrobiologia em Madrid e do novo ETH Center for the Origin and Prevalence of Life em Zurique), sendo fundamental que a investigação e formação da FCUP possa acompanhar este desenvolvimento. Neste contexto, deparamo-nos efetivamente com uma oportunidade única para que a FCUP-UP seja pioneira em Portugal ao contribuir para o crescimento e consolidação desta área, de enorme potencial interdepartamental.

O perfil de Tecnologias para as Ciências do Espaço é direcionado para os estudantes que pretendem adquirir competências relevantes para o desenvolvimento de instrumentação para as Ciências do Espaço, e de algoritmos computacionais para controlo de instrumentos, aquisição, redução e análise de dados em Astronomia e Astrofísica. Pretende-se assim que adquiram formação indispensável para desenvolverem hardware e/ou software, nomeadamente no âmbito de projetos ESO e ESA, e envolvendo parcerias com empresas e indústria nacional. Pensamos que esta via poderá assim proporcionar excelentes perspetivas de empregabilidade para os estudantes do CE, beneficiando do crescente interesse e investimento a que se tem assistido no desenvolvimento destas tecnologias.

Ao alargar a cobertura do CE para abranger estas duas especializações sem no entanto haver a necessidade de criação de um grande número de novas UCs nem de lhe imputar grande peso em recursos docentes e/ou materiais mas assegurando a coerência do plano de estudos, espera-se conseguir um balanço altamente positivo para o CE.

8.2.1. Improvement measure

Weakness - Low number of applicants.

Improvement action - We propose to reorganise the CE into 3 specializations: Astrophysics, Astrobiology and Technologies for Space Sciences. While the 1st profile essentially maintains the current characteristics of the CE, the 2 new profiles are based on a strategic focus on emerging areas of recognised impact and potential in the very near future, and which are expected to be highly attractive to students applying to University.

The profile in Astrobiology aims to provide introductory training in this area for the first time and as a unique case in Portugal. Largely facilitated by the diversified expertise existing at FCUP in the various relevant scientific areas, and mirrored in its UCs, this action also aims to respond to the growing interest in this topic, expressed by students from different undergraduate degrees.

In strategic terms, this seems to us to be an excellent opportunity to attract more students to the CE and broaden the institution's educational offer to a multidisciplinary area that is currently non-existent at national level but is already becoming more relevant internationally. In fact, Astrobiology is expected to be one of the scientific areas with the greatest impact in the coming decades (a fact that has led to the recent creation of the European Astrobiology Institute, the Astrobiology Centre in Madrid and the new ETH Center for the Origin and Prevalence of Life in Zurich), and it is essential that FCUP's research and training can keep up with this development. In this context, we are effectively facing a unique opportunity for FCUP-UP to be pioneers in Portugal by contributing to the growth and consolidation of this area, with enormous interdepartmental potential.

The Technologies for Space Sciences profile is aimed at students who wish to acquire skills relevant to the development of instrumentation for Space Sciences, and computational algorithms for instrument control, acquisition, reduction and analysis of data in Astronomy and Astrophysics. The aim is for them to acquire the necessary training to develop hardware and/or software, namely in the scope of ESO and ESA projects, and involving partnerships with companies and national industry. We think that this pathway may thus provide excellent employability prospects for CE students, benefiting from the growing interest and investment that has been witnessed in the development of these technologies.

By broadening the coverage of the CE to include these two specializations without, however, the need to create a large number of new UCs nor to impose a great weight in teaching and/or material resources, but ensuring the coherence of the syllabus, we expect to achieve a highly positive balance for the CE.

8.2.2. Prioridade (alta, média, baixa) e tempo de implementação da medida

Prioridade: alta.

Tempo de implementação: a proposta curricular apresentada poderá entrar em funcionamento no ano letivo 2022/2023.

8.2.2. Priority (high, medium, low) and implementation time.

Priority: high.

Implementation timeframe: the presented proposal for the new curricula could be offered in the academic year 2022/2023.

8.1.3. Indicadores de implementação

A ser aprovada esta revisão curricular, proceder-se-á à monitorização do número de entradas no CE – e da escolha dos diferentes perfis pelos estudantes - após a entrada em vigor do novo plano de estudos.

8.1.3. Implementation indicator(s)

If the proposed curricular changes are approved, the number of entries in the CE - and the choice of the different specialisations by the students - will be monitored after the new study plan enters into force.

9. Proposta de reestruturação curricular (facultativo)

9.1. Alterações à estrutura curricular

9.1. Síntese das alterações pretendidas e respectiva fundamentação

Pretende-se aumentar a visibilidade, a atratividade e a abrangência do CE, flexibilizando o percurso dos estudantes e explorando oportunidades que nos parecem estratégicas, tanto ao nível de formação no panorama nacional como de perspetivas de empregabilidade para os estudantes.

Para isso, propomos três especializações, sendo que, o elenco de optativas aqui apresentado é ilustrativo da oferta prevista e pode ser objeto de alterações aprovadas pelos órgãos científicos da Faculdade:

1. Astrofísica: mantém essencialmente a formação anterior, que é de qualidade reconhecida e confere uma excelente preparação aos estudantes para enveredarem por um 3º Ciclo em Astrofísica ou áreas afins. As alterações consistem nos seguintes pontos:

- i) uma UC anteriormente obrigatória passa a opcional (Relatividade Geral). Tal confere maior flexibilidade ao percurso dos estudantes, permitindo diversificar e ajustar a formação a cada caso.*
 - ii) redução do nº de horas de contacto em algumas UCs.*
 - iii) alteração da designação da UC que versa sobre análise de dados nas ciências físicas (ver Observações). Esta alteração mantém a relevância transversal desta UC para o CE, mas permite que seja partilhada com o 2º Ciclo em Física (enquanto opção para esse CE) por meio de conteúdos transversais às duas áreas e visando aplicações de interesse comum.*
 - iv) atualização e alargamento da lista de UCs de opção, de modo a alargar a possibilidade de formação em métodos e técnicas computacionais (tais como Machine Learning e uso massivo de grandes bases de dados) que começam a ter um grande impacto em todas as ciências.*
 - v) alterações pontuais nas UCs opcionais da área de Física, decorrentes da proposta de reestruturação do 2º Ciclo em Física e do recentemente criado 2º Ciclo em Engenharia Física (FCUP/FEUP).*
- 2. Astrobiologia: dado o cariz intrinsecamente multidisciplinar desta área, interessa conferir bastante versatilidade ao percurso académico destes estudantes. Este será um percurso atrativo também para estudantes provenientes de um primeiro ciclo de outras áreas científicas que não a física – mas que obviamente têm de preencher os critérios de acesso ao CE. Esta via assume como obrigatória uma nova UC (Astrobiologia), mantendo as UCs fundamentais em AST e reforçando a formação em Biologia/Geologia/Química ao obrigar a uma escolha restrita de um bloco de opções (P2.1). O restante percurso é complementado por UCs opcionais (da lista adaptada e adequada a esta área de especialização), escolhidas consoante os interesses e necessidades formativas de cada estudante.*
- 3. Tecnologias para as Ciências do Espaço segue a mesma abordagem, mantendo apenas como obrigatórias as UCs de AST transversais e a UC de FIS considerada mais relevante, sendo as opções adequadas e o seu número alargado sobretudo nas áreas de Ciência de Computadores e Física Experimental.*

9.1. Synthesis of the proposed changes and justification.

The aim is to increase visibility, attractiveness and scope of the CE by rendering the curricular part more flexible and by exploring strategic opportunities in training at national level as well as improving employability prospects for students.

To this end, we propose three specializations, where the list of optional UCs presented is illustrative of the planned offer and may be subject to changes by the scientific council of the Faculty:

1. Astrophysics: essentially maintains the previous training, which is of recognized quality and provides excellent preparation for students to embark on a 3rd Cycle in Astrophysics or related areas. The changes are:

- i) a previously mandatory UC becomes optional (General Relativity), providing greater flexibility and thus allowing diversification and adjustment of training to each student.*
 - ii) reduction of the number of contact hours in some UCs.*
 - iii) renaming of the UC on data analysis in the physical sciences (see Observations). This change maintains the transversal relevance of this UC for the CE, but allows it to be shared with the 2nd Cycle in Physics (as an option) by means of transversal content to both areas and aiming at applications of common interest.*
 - iv) updating and enlargement of the list of optional UCs, to broaden the possibility of training in computational methods and techniques (such as Machine Learning and massive use of large databases) that are beginning to have a major impact in all sciences. The new instruments and the large international surveys, and the growing volume of data they generate require, in many cases, this kind of innovative approach that allows efficient, thorough and extensive exploration of the data yielding robust results.*
 - v) Specific changes in the optional UCs in Physics, resulting from the proposed restructuring of the 2nd Cycle in Physics and the recently created 2nd Cycle in Physics Engineering (FCUP/FEUP).*
- 2. Astrobiology: given the intrinsically multidisciplinary nature of this area, the academic pathway for these students should be very versatile. This will also be an attractive pathway for students coming from a first cycle in scientific areas other than Physics - but who obviously have to fulfill the access criteria to the CE. This pathway has one new UC (Astrobiologia) which is compulsory, maintains the fundamental UCs in AST, and reinforces the training in Biology/Geology/Chemistry by requiring a restricted choice of one block of options (P2.1). The remaining curriculum is complemented by optional UCs (adapted to this area of specialization), to be chosen according to the interests and training needs of each student.*
- 3. Technologies for Space Sciences follows the same approach, by keeping as mandatory only the cross-cutting AST UCs and the most relevant UC in FIS, plus optional UCs that are more adequate – these were further extended to a larger number of possibilities mainly in the areas of Computer Science and Experimental Physics.*

9.2. Nova estrutura curricular pretendida (apenas os percursos em que são propostas alterações)

9.2. Astrofísica

9.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):

Astrofísica

9.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable).*Astrophysics***9.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and number of credits to award the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos / Optional ECTS*	Observações / Observations
Astronomia/ Astronomy	AST	96	0	-
Astronomia/Física / Astronomy/Physics	AST/FIS	6	0	-
Astronomia/Biologia/Ciência de Computadores/Física/ Matemática/Qualquer Área Científica da Universidade do Porto*	AST/BIOL/CC/FIS/M/QACUP	0	18	*Astronomy/Biology/Computer Science/Physics/ Math/Any Scientific Area from UPorto
(3 Items)		102	18	

9.2. Astrobiologia**9.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Astrobiology***9.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable).***Astrobiology***9.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and number of credits to award the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos / Optional ECTS*	Observações / Observations
Astronomia/ Astronomy	AST	66	12	-
Astronomia/Física / Astronomy/Physics	AST/FIS	6	0	-
Astronomia/Biologia / Astronomy/Biology	AST/BIOL	6	0	-
Biologia/Geologia/Química / Biology/Geology/Chemistry	BIOL/GEOL/Q	0	6	-
Astronomia/ Biologia/ Ciência de Computadores/ Física/Geologia/ Matemática/Química/ Qualquer Área Científica da Universidade do Porto*	AST/BIOL/CC/FIS/G/M/Q/QACUP	0	24	*Astronomy/Biology/ ComputerScience/ Physics/Geology/Math/Chemistry/ Any Scient. area from UPorto
(5 Items)		78	42	

9.2. Tecnologias para as Ciências do Espaço**9.2.1. Ramo, opção, perfil, maior/menor ou outra (se aplicável):***Tecnologias para as Ciências do Espaço***9.2.1. Branch, option, profile, major/minor or other (if applicable).***Technologies for Space Sciences***9.2.2. Áreas científicas e créditos necessários à obtenção do grau / Scientific areas and number of credits to award the degree**

Área Científica / Scientific Area	Sigla / Acronym	ECTS Obrigatórios / Mandatory ECTS	ECTS Optativos / Optional ECTS*	Observações / Observations
Astronomia/ Astronomy	AST	60	0	-
Astronomia/Física / Astronomy/Physics	AST/FIS	6	0	-
Física/Physics	FIS	6	0	-

Astronomia/Biologia / Astronomy/Biology	AST/BIOL	0	24	-
Astronomia/Biologia/Ciência de Computadores/Física/ Matemática/Qualquer Área Científica da Universidade do Porto*	AST/BIOL/CC/FIS/M/QACUP	0	24	*Astronomy/Biology/Computer Science/Physics/Math/Any Scientific Area from UPorto
(5 Items)		72	48	

9.3. Plano de estudos

9.3. Plano de estudos - Astrofísica - 1º Ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Astrofísica

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Astrophysics

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º Ano

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1st year

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Espectroscopia e Fotometria em Astronomia/ Spectroscopy and Photometry in Astronomy	AST	Semestral/ Semester	162	42: TP-12; PL-30	6	CH
O Sol e a Heliosfera/ The Sun and the Heliosphere	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Sistemas Planetários/ Planetary Systems	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Estrutura e Evolução Estelar/ Stellar Structure and Evolution	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Cosmologia/ Cosmology	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Análise de Dados em Física e Astronomia/ Data Analysis in Physics and Astronomy	AST/FIS	Semestral/ Semester	162	42: TP-30; PL-12	6	AC, DEN, CH
Astronomia Extragaláctica/ Extragalactic Astronomy	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Formação Estelar e Meio Circum-Estelar/ Stellar Formation and Circum-Stellar Medium	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Opção P1/ Option P1	AST/ BIOL/ CC/ FIS/ M/ QACUP	Semestral/ Semester	324	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen CU	12	Bloco de Opções P1/ Options Block P1
NOTA: anualmente serão definidas as UCs que funcionam em cada semestre, de modo a que se observe o limite de 30 ECTS por semestre*	NOTA*	NOTA*	0	0	0	-
*NOTE: The CUs that take place in each semester will be defined annually, always ensuring that the limit of 30 ECTS per semester is safeguarded	*NOTE	*NOTE	0	0	0	-
(11 Items)						

9.3. Plano de estudos - Astrofísica - 2º ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Astrofísica

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Astrophysics

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

2º ano**9.3.2. Curricular year/semester/trimester:****2nd year****9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção P1/ Option P1	AST/ BIOL/ CC/ FIS/ M/ QACUP	Semestral/ Semester	162	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen CU	6	Bloco de Opções P1/ Options Block P1
Dissertação/Estágio / Dissertation/Internship (2 Items)	AST	Anual/ Annual	1458	OT-36	54	-

9.3. Plano de estudos - Astrofísica - Bloco de Opções P1**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):****Astrofísica****9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):****Astrophysics****9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:****Bloco de Opções P1****9.3.2. Curricular year/semester/trimester:****Options Block P1****9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Astrobiologia/ Astrobiology	AST/BIOL	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Relatividade Geral/ General Relativity	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	AO
Complementos de Física Estatística/ Advanced Statistical Physics	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Mecânica Quântica Avançada/ Advanced Quantum Mechanics	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Teoria Quântica de Campo/ Quantum Field Theory	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Telescópios e Detetores para as Ciências do Espaço/ Telescopes and detectors for spatial sciences	FIS	Semestral/ Semester	162	42: 28-TP;14-PL	6	N
Introdução à Ciência de Dados/ Introduction to Data Science	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Machine Learning	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Programação e Bases de Dados/ Programming and Databases	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Tópicos Avançados em Ciência de Dados/ Advanced Topics in Data Science	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Análise e Processamento de Imagem/ Image Processing and Analysis	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Métodos Estatísticos em Data Mining/ Statistical Methods in Data Mining	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Análise Numérica e Simulação/ Numerical Analysis and Simulation	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Modelação Matemática/ Mathematical Modeling	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-

Qualquer unidade curricular da Universidade do Porto*	QACUP	Semestral*	162	Depende da UC escolhida*	6	A realizar de entre a oferta do 2ºC da UP, mediante validação prévia pela Comissão Cient. do CE*
*Any Scientific área from UPorto	QACUP	*Semester	0	*Depends on the chosen CU	0	*To be carried out from the UP 2ºC offer, with prior validation by the SC Scient. Commission
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre. (17 Items)	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE	0	NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

9.3. Plano de estudos - Astrobiologia - 1º ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Astrobiologia

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Astrobiology

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1st year

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Espectroscopia e Fotometria em Astronomia/ Spectroscopy and Photometry in Astronomy	AST	Semestral/ Semester	162	42: 12-TP; 30-PL	6	CH
Sistemas Planetários/ Planetary Systems	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Análise de Dados em Física e Astronomia/ Data Analysis in Physics and Astronomy	AST/FIS	Semestral/ Semester	162	42: 30-TP; 12-PL	6	AC, DEN, CH
Astrobiologia/ Astrobiology	AST/BIOL	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Opção P2.1/ Option P2.1	BIOL/GEOL/Q	Semestral/ Semester	162	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen CU	6	Bloco de Opções P2.1/ Options Block P2.1
Opção P2.2/ Option P2.2	AST	Semestral/ Semester	324	84-TP	12	Bloco de Opções P2.2/ Options Block P2.2
Opção P2.3/ Option P2.3	AST/ BIOL/CC/ FIS/G EOL/ M/ Q/ QACUP	Semestral/ Semester	486	Depende das UC escolhidas/ Depends on the chosen CU	18	Bloco de Opções P2.3/ Options Block P2.3
NOTA: anualmente serão definidas as UCs que funcionam em cada semestre, de modo a que se observe o limite de 30 ECTS por semestre*	NOTA*	NOTA*	0	0	0	-
*NOTE: The CUs that take place in each semester will be defined annually, always ensuring that the limit of 30 ECTS per semester is safeguarded (9 Items)	*NOTE	*NOTE	0	0	0	-

9.3. Plano de estudos - Astrobiologia - 2º ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Astrobiologia

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Astrobiology

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:*2º ano***9.3.2. Curricular year/semester/trimester:***2nd year***9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção P2.3/ Option P2.3	AST/ BIOL/ CC/ FIS/ GEOL/ M/ Q/ QACUP	Semestral/ Semester	162	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen CU	6	Bloco de Opções P2.3/ Options Block P2.3
Dissertação/Estágio / Dissertation/Internship (2 Items)	AST	Anual/ Annual	1458	OT-36	54	-

9.3. Plano de estudos - Astrobiologia - Bloco de Opções P2.1**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Astrobiologia***9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Astrobiology***9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***Bloco de Opções P2.1***9.3.2. Curricular year/semester/trimester:***Options Block P2.1***9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Fundamentos de Biologia Molecular/ Fundamentals of Molecular Biology	BIOL	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Geologia Global/ Global Geology	GEOL	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Petrologia e Geoquímica/ Petrology and Geochemistry	GEOL	Semestral/ Semester	162	42: 21-T; 21-TP	6	-
Química Computacional/ Computational Chemistry	Q	Semestral/ Semester	162	42: 21-T; 21-PL	6	-
Química Física Aplicada/ Applied Physical Chemistry	Q	Semestral/ Semester	162	42: 21-T; 21-TP	6	N
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre. (6 Items)	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE 0		NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

9.3. Plano de estudos - Astrobiologia - Bloco de Opções P2.2**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Astrobiologia***9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Astrobiology***9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**

Bloco de Opções P2.2**9.3.2. Curricular year/semester/trimester:**
Options Block P2.2**9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
O Sol e a Heliosfera/ The Sun and the Heliosphere	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Estrutura e Evolução Estelar/ Stellar Structure and Evolution	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Cosmologia/ Cosmology	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Astronomia Extragaláctica/ Extragalactic Astronomy	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Formação Estelar e Meio Circum-Estelar/ Stellar Formation and Circum-Stellar Medium	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre.	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE 0		NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

(6 Items)

9.3. Plano de estudos - Astrobiologia - Bloco de Opções P2.3**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**
Astrobiologia**9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):**
Astrobiology**9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:**
Bloco de Opções P2.3**9.3.2. Curricular year/semester/trimester:**
Options Block P2.3**9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Todas as UCs do Bloco de Opções P2.1/ All CUs in the Option Block P2.1	BIOL/ GEOL/ Q	Semestral/ Semester	162	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen UC	6	-
Todas as UCs do Bloco de Opções P2.2/ All CUs in the Option Block P2.2	AST	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Materiais e Dispositivos Óticos/ Optical Materials and Devices	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Técnicas de Medida e Instrumentação/ Measurement Techniques and Instrumentation	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Telescópios e Detetores para as Ciências do Espaço/ Telescopes and detectors for spatial sciences	FIS	Semestral/ Semester	162	42: 28-TP; 14-PL	6	N
Introdução à Ciência de Dados/ Introduction to Data Science	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Machine Learning	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Programação e Bases de Dados/ Programming and Databases	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Tópicos Avançados em Ciência de	CC	Semestral/	162	42-TP	6	N

Dados/ Advanced Topics in Data Science		Semester				
Análise e Processamento de Imagem/ Image Processing and Analysis	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Métodos Estatísticos em Data Mining/ Statistical Methods in Data Mining	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Análise Numérica e Simulação/ Numerical Analysis and Simulation	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Qualquer unidade curricular da Universidade do Porto*	QACUP	Semestral	162	Depende da UC escolhida*	6	A realizar de entre a oferta do 2ºC da UP, mediante validação prévia pela Comissão Cient. do CE
*Any Scientific área from UPorto	QACUP	Semester	0	*Depends on the chosen UC	0	*To be carried out from the UP 2ºC offer, with prior validation by the SC Scient.Commission
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre.	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE	0	NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

(15 Items)

9.3. Plano de estudos - Tecnologias para as Ciências do Espaço - 1º ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Tecnologias para as Ciências do Espaço

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):

Technologies for Space Sciences

9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:

1º ano

9.3.2. Curricular year/semester/trimester:

1st year

9.3.3 Plano de estudos / Study plan

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Espectroscopia e Fotometria em Astronomia/ Spectroscopy and Photometry in Astronomy	AST	Semestral/ Semester	162	42: 12-TP; 30-PL	6	CH
Análise de Dados em Física e Astronomia/ Data Analysis in Physics and Astronomy	AST/FIS	Semestral/ Semester	162	42: 30-TP; 12-PL	6	AC, DEN, CH
Telescópios e Detetores para as Ciências do Espaço/ Telescopes and Detectors for Spatial Sciences	FIS	Semestral/ Semester	162	42: 28-TP; 14-PL	6	N
Opção P3.1/ Option P3.1	AST/BIOL	Semestral/ Semester	648	168-TP	24	Bloco de Opções P3.1/ Options Block P3.1
Opção P3.2/ Option P3.2	AST/ BIOL/ CC/ FIS/ M/ QACUP	Semestral/ Semester	486	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen UC	18	Bloco de Opções P3.2/ Options Block P3.2
NOTA: anualmente serão definidas as UCs que funcionam em cada semestre, de modo a que se observe o limite de 30 ECTS por semestre*	NOTA*	NOTA*	0	0	0	-
*NOTE: The CUs that take place in each semester will be defined annually, always ensuring that the limit of 30 ECTS per semester is safeguarded	*NOTE	*NOTE	0	0	0	-

(7 Items)

9.3. Plano de estudos - Tecnologias para as Ciências do Espaço - 2º ano

9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):

Tecnologias para as Ciências do Espaço

9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):*Technologies for Space Sciences***9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***2º ano***9.3.2. Curricular year/semester/trimester:***2nd year***9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Opção P3.2/ Option P3.2	AST/ BIOL/ CC/ FIS/ M/ QACUP	Semestral/ Semester	162	Depende da UC escolhida/ Depends on the chosen CU	6	Bloco de Opções P3.2/ Options Block P3.2
Dissertação/Estágio / Dissertation/Internship (2 Items)	AST	Anual/ Annual	1458	36-OT	54	-

9.3. Plano de estudos - Tecnologias para as Ciências do Espaço - Bloco de Opções P3.1**9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):***Tecnologias para as Ciências do Espaço***9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Technologies for Space Sciences***9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***Bloco de Opções P3.1***9.3.2. Curricular year/semester/trimester:***Options Block P3.1***9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Astrobiologia/ Astrobiology	AST/BIOL	Semestral/Semester	162	42-TP	6	N
Sistemas Planetários/ Planetary Systems	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
O Sol e a Heliosfera/ The Sun and the Heliosphere	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
Estrutura e Evolução Estelar/ Stellar Structure and Evolution	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
Cosmologia/ Cosmology	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
Astronomia Extragaláctica/ Extragalactic Astronomy	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
Formação Estelar e Meio Circum-Estelar/ Stellar Formation and Circum-Stellar Medium	AST	Semestral/Semester	162	42-TP	6	-
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre.	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE	0	NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

(8 Items)**9.3. Plano de estudos - Tecnologias para as Ciências do Espaço - Bloco de Opções P3.2****9.3.1. Ramo, variante, área de especialização do mestrado ou especialidade do doutoramento (se aplicável):**

Tecnologias para as Ciências do Espaço**9.3.1. Branch, option, specialization area of the master or speciality of the PhD (if applicable):***Technologies for Space Sciences***9.3.2. Ano/semestre/trimestre curricular:***Bloco de Opções P3.2***9.3.2. Curricular year/semester/trimester:***Options Block P3.2***9.3.3 Plano de estudos / Study plan**

Unidades Curriculares / Curricular Units	Área Científica / Scientific Area (1)	Duração / Duration (2)	Horas Trabalho / Working Hours (3)	Horas Contacto / Contact Hours (4)	ECTS	Observações / Observations (5)
Todas as UCs do Bloco de Opções P3.1/ All UCs in Option Block P3.1	AST/BIOL	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	-
Ciência e Tecnologia de Materiais/ Science and Technology of Materials	FIS	Semestral/ Semester	162	42: 21-T; 21-TP	6	N
Lasers	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Materiais e Dispositivos Óticos/ Optical Materials and Devices	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Metrologia Ótica/ Optical Metrology	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Ótica Avançada/ Advanced Optics	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Optoeletrónica/ Optoelectronics	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Semicondutores e Dispositivos/ Semiconductors and Devices	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Técnicas de Caracterização de Materiais/ Materials Characterization Technics	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Técnicas de Medida e Instrumentação/ Measurement Techniques and Instrumentation	FIS	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	CH
Algoritmos/ Algorithms	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Computação Paralela/ Parallel Computing	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Data-Driven Decision Making	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Introdução à Ciência de Dados/ Introduction to Data Science	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Machine Learning	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Programação e Bases de Dados/ Programming and Databases	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Tópicos Avançados em Ciência de Dados/ Advanced Topics in Data Science	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Visualização de Dados/ Data Visualization	CC	Semestral/ Semester	162	42-TP	6	N
Análise e Processamento de Imagem/ Image Processing and Analysis	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Métodos Estatísticos em Data Mining/ Statistical Methods in Data Mining	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Análise Numérica e Simulação/ Numerical Analysis and Simulation	M	Semestral/ Semester	162	56-TP	6	-
Qualquer área científica da U.Porto*	QACUP	Semestral	162	Depende da UC escolhida*	6	Realizar entre a oferta prevista e mediante validação da CC do CE*
*Any scientific area from U.Porto	QACUP	Semester	0	*Depends on the chosen UC	0	*Performed from the planned offer and with validation from CC of the SC
NOTA: anualmente serão definidas as UCs opcionais que funcionam em cada semestre.	NOTA/NOTE	NOTA/NOTE	0	NOTA/NOTE	0	NOTE: each year, the optional CUs that will take place in each semester will be defined.

(24 Items)

9.4. Fichas de Unidade Curricular

Anexo II - Algoritmos

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Algoritmos

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Algorithms

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Ana Paula Nunes Gomes Tomás (42-TP)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Esta unidade curricular é dedicada ao desenho de algoritmos para problemas computacionais, e como raciocinar de forma clara sobre a sua correção e tempo de execução. O principal objetivo é dotar os alunos das ferramentas intelectuais necessárias para que sejam capazes de desenhar e analisar os seus próprios algoritmos para problemas que precisem de resolver no futuro.

Os alunos deverão ser capazes de compreender a relação entre o desenho de algoritmos, a prova da sua correção e a análise da sua complexidade. Deverão aprender técnicas gerais úteis na implementação de novos algoritmos e conhecer alguns dos principais algoritmos nalguns domínios específicos. Os alunos irão também obter experiência prática na aplicação de algoritmos genéricos a problemas concretos.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This curricular unit is dedicated to the design of algorithms for computational problems, and how to think clearly about their correction and execution time. The main objective is to provide students with the necessary intellectual tools to be able to design and analyze their own algorithms for problems that they need to solve in the future.

Students should be able to understand the relationship between algorithm design, correctness proof and complexity analysis. Students should learn algorithmic techniques of general applicability and get to know some major algorithms in a few common domains. They will also obtain practical experience in applying generic algorithms to specific problems.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- Fundamentos de análise assintótica;*
- Dividir-para-conquistar e resolução de recorrências;*
- Análise amortizada;*
- Análise probabilística e algoritmos aleatorizados;*
- Ordenação e seleção lineares;*
- Algoritmos ávidos/gulosos e programação dinâmica;*

- *Fundamentos da teoria da complexidade computacional e problemas NP-completos;*
- *Introdução aos algoritmos de aproximação e algoritmos parametrizados;*
- *Aplicações e alguns algoritmos clássicos (exemplos: algoritmos em grafos; deteção de ocorrências de strings; algoritmos geométricos).*

9.4.5. Syllabus:

- *Fundamentals of asymptotic analysis;*
- *Divide and conquer design pattern and how to solve recurrences;*
- *Amortized analysis;*
- *Probabilistic analysis and randomized algorithms;*
- *Linear sorting and selection algorithms;*
- *Greedy and dynamic programming design patterns;*
- *Fundamentals of NP-completeness;*
- *Introduction to approximation algorithms and parameterized algorithms;*
- *Applications and some classical algorithms (e.g. graph algorithms, string matching algorithms, geometric algorithms).*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

A relação entre desenho, correção e complexidade é ilustrada em todos os subtópicos abordados. Os fundamentos capacitam o aluno com um modelo capaz de avaliar os algoritmos estudados. A compreensão das estruturas de problemas que permitem algoritmos que usem metodologias como dividir-para-conquistar, eficiência amortizada, estratégias ávidas, programação dinâmica, uso de aleatoriedade ou uso de aproximações, capacita a uma apreciação genérica da aplicabilidade de técnicas. A aplicação a algoritmos clássicos destas ideias permite compreender e consolidar os conhecimentos com exemplos práticos e concretos.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The relationship between design, correction and complexity is illustrated in all the addressed subtopics. The fundamentals give the students a model capable of evaluating the studied algorithms. Understanding which problem structures allow methodologies such as divide-and-conquer, efficient amortization, greedy strategies, dynamic programming, using randomness or using approximation, leads to a generic appreciation of applicability of techniques. The application of these ideas to classical algorithms fosters better comprehension and knowledge consolidation with practical and concrete examples.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas que misturam exposição de matéria (introduzindo conceitos, resultados e algoritmos principais) com discussão interativa da sua aplicação na resolução de problemas reais.

Trabalhos de casa (exercícios e leitura de artigos) e apresentação oral pelos estudantes.

Testes escritos para dispensa de exame final e exame final (sem consulta)

Exame-70% + Teste-20% + Prova Oral-5% + Trabalhos práticos-5%

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lectures that mix the presentation of new material (introducing concepts, main algorithms and some results) with interactive discussion of their application when solving real problems.

Homeworks (exercises and paper reading) and oral presentation of homework in class.

Intermediate tests or final exam (closed book).

Exam-70% + Test-20% + Oral Test-5% + Practical work-5%

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas irão permitir a apresentação e exposição dos tópicos selecionados, sempre tendo em conta a sua relação com exemplos práticos. Os trabalhos de casa permitem a consolidação dos conhecimentos e uma avaliação mais individualizada e distribuída da aprendizagem. A leitura de artigos permite um contacto com investigação real e atual. O exame final permite uma avaliação global do conhecimento adquirido.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The lectures will allow the presentation and exposition of the selected topics, always having into account their relationship with practical examples. The homeworks will allow for knowledge consolidation and a more individualized and distributed evaluation of what they are learning. Paper reading will expose the students to real and current research. The final exam allows for a more global evaluation of the acquired knowledge.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *Introduction to Algorithms. Cormen, Leiserson, Rivest and Stein. 3rd edition. MIT Press, 2009 ISBN 978-0262033848;*
- *Artigos científicos a indicar (em tópicos selecionados);*

Anexo II - Astrobiologia**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:***Astrobiologia***9.4.1.1. Title of curricular unit:***Astrobiology***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***AST/BIOL***9.4.1.3. Duração:***Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Nuno Cardoso Santos (21-TP).***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***Olga Lage (10,5-TP), Fernando Tavares (10,5-TP)***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Ao longo das últimas décadas a procura de formas de vida fora da Terra tem passado de uma mera conjectura para um objetivo científico palpável. A resposta às questões levantadas exige uma abordagem multidisciplinar, juntando astrofísica, biologia, bioquímica, entre outras áreas. Este tipo de problemas está a dar origem a uma nova área do conhecimento, denominada Astrobiologia.

Neste contexto, o objetivo principal desta unidade curricular é dar aos estudantes formação básica em astrobiologia, permitindo estabelecer ligações entre as várias áreas envolvidas (nomeadamente Astrofísica e Biologia). Em particular, pretende-se que os estudantes: passem a compreender os conceitos mais relevantes em astrobiologia, com foco particular nos que se relacionam com a astrofísica e biologia; fiquem familiarizados com alguns dos métodos e técnicas utilizadas em astrobiologia; passem a ser capazes de identificar os resultados científicos principais e as questões mais prementes em astrobiologia.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Over the past few decades, the search for life forms outside Earth has gone from mere conjecture to a palpable scientific goal. Answering the questions raised requires a multidisciplinary approach, bringing together astrophysics, biology, biochemistry, among other areas. As a whole, these types of problems are giving rise to a new area of knowledge, called Astrobiology.

In this context, the main objective of this curricular unit is to provide students with basic training in astrobiology, allowing them to establish links between the various areas involved (namely Astrophysics and Biology). In particular, it is intended that students: come to understand the most relevant concepts in astrobiology, with a particular focus on those related to astrophysics and biology; become familiar with some of the methods and techniques used in astrobiology; come to identify the main scientific results and the most pressing questions in astrobiology.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1) *As características da vida;*
- 2) *Vida nos extremos;*
- 3) *Mundos habitáveis;*
- 4) *Vida noutros corpos do Sistema Solar;*
- 5) *Exoplanetas;*
- 6) *Passado e Futuro da Astrobiologia;*

9.4.5. Syllabus:

- 1) *The characteristics of life;*
- 2) *Life in the extremes;*
- 3) *Habitable worlds;*
- 4) *Life on other bodies in the Solar System;*
- 5) *Exoplanets;*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os conteúdos programáticos cobrem os principais aspetos da astrobiologia e estabelece ligações entre Astrofísica e Biologia. Ao longo do programa são discutidos os conceitos e resultados científicos mais relevantes em astrobiologia: 1º Capítulo: introdução ao conceito de vida, os seus elementos básicos, e se aborda a origem da vida na Terra.

2º Capítulo: fala do conceito de vida nos extremos, o que permite estabelecer uma ligação com a procura de vida fora da Terra, e o terceiro capítulo aborda as condições para a existência de vida noutros planetas, bem como as características que fazem da Terra um planeta onde a vida foi capaz de se desenvolver.

Em todos estes capítulos são abordados alguns dos métodos e técnicas utilizadas em astrobiologia, tal como nos quarto e quinto capítulos, onde também se discutem resultados científicos e as questões mais prementes no que se refere à possibilidade da presença de vida noutros corpos do Sistema Solar e em planetas em órbita de outras estrelas.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus covers the main aspects of astrobiology, making it possible to establish links between Astrophysics and Biology. Throughout the syllabus, the most relevant scientific concepts and results in astrobiology are discussed, as in the first chapter where the concept of life, its basic elements, and the origin of life on Earth are discussed. The second chapter talks about the concept of life at the extremes, which allows the establishment of a connection with the search for life outside Earth, and the third chapter discusses the conditions for the existence of life on other planets, as well as the characteristics that make Earth a planet where life was able to develop. In all these chapters some of the methods and techniques used in astrobiology are discussed, as in the fourth and fifth chapters, where scientific results and the most pressing issues regarding the possible presence of life in other bodies of the Solar System and on planets orbiting other stars are also discussed.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas serão apresentados os conteúdos programáticos com recurso a exemplos quando necessário para melhor elucidar os estudantes. Serão ainda resolvidos problemas ilustrativos dos conceitos apresentados, e promovida a discussão em sala de aula, contribuindo para a consolidação de conhecimentos e o desenvolvimento de espírito crítico. A avaliação será distribuída com exame final. Para além do exame, com um peso de 50% na classificação final, incluirá uma componente de resolução de exercícios e um trabalho escrito que contribuirão, respetivamente, com 10% e 40% para a classificação final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In the lecture classes the syllabus is presented using examples when necessary to better elucidate the students. Problems illustrating the concepts presented will also be solved, and discussion will be promoted in the classroom, contributing to the consolidation of knowledge and the development of a critical spirit. The evaluation will be distributed with a final exam. In addition to the exam, with a weight of 50% in the final classification, it will include an exercise resolution component and a written work that will contribute, respectively, with 10% and 40% to the final classification.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A componente expositiva das aulas permite introduzir os conteúdos programáticos. A sua exemplificação ajuda os estudantes a adquirir as competências pretendidas. E a resolução de problemas desenvolve a capacidade de análise e resolução, validando a aprendizagem dos conceitos, metodologias e técnicas apresentadas na componente expositiva. Por outro lado, a componente de discussão em sala de aula desenvolve o espírito crítico e a capacidade de expressão e argumentação utilizando linguagem científica. A integração destas componentes nas aulas pretende estimular a capacidade dos estudantes para identificar os resultados científicos principais e as questões mais prementes em astrobiologia.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The expository component of the lecture classes allows the introduction of the syllabus. Its exemplification helps students to acquire the desired skills. Further, problem solving develops the ability to analyze and solve, validating the learning of concepts, methodologies and techniques presented in the expository component. On the other hand, the classroom discussion component develops critical thinking and the ability to express and argue using scientific language. The integration of these components in the lecture classes is intended to stimulate the students' ability to identify the main scientific results and the most pressing questions in astrobiology.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Chyba, C.F., & Hand, K.P. (2005). *Astrobiology: The Study of the Living Universe*. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 43(1), 31-74. <https://doi.org/10.1146/annurev.astro.43.051804.102202>

Domagal-Goldman, S.D., & Wright, K.E. (2016). *The Astrobiology Primer v2.0*. *Astrobiology*, 16(8), 561-653. <https://doi.org/10.1089/ast.2015.1460>

Kaltenegger, L. (2017). *How to Characterize Habitable Worlds and Signs of Life*. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 55(1), 433-485. <https://doi.org/10.1146/annurev-astro-082214-122238>

Deeg, H.J., & Belmonte, J.A. (Eds.). (2018). *Handbook of exoplanets*. Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-55333-7>

Rothery, D., Gilmour, I., & Sephton, M. (2018). *An introduction to Astrobiology* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108355162>

Schulze-Makuch, D., & Irwin, L.N. (2018). *Life in the Universe* (3rd ed.). Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97658-7>

Anexo II - Ciência e Tecnologia dos Materiais**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Ciência e Tecnologia dos Materiais

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Science and Technology of Materials

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42- T+TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Teresa Monteiro Seixas (21 T + 21 TP)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Após a conclusão da unidade curricular, o estudante deverá ser capaz de:

- O1. Aplicar conhecimentos de física e de tecnologia a sistemas de materiais*
- O2. Identificar os diferentes tipos de estruturas nos materiais*
- O3. Descrever estruturas cristalinas e identificar fases por difração de raios-X*
- O4. Descrever as imperfeições nos sólidos e seu efeito sobre o comportamento dos materiais*
- O5. Interpretar diagramas de fase, compreender o conceito de solução sólida e limites de solubilidade e também a conceção e o controlo de tratamentos térmicos*
- O6. Explicar a difusão nos sólidos e entender a importância do tratamento térmico para a melhoria das suas propriedades*
- O7. Explicar as propriedades mecânicas, térmicas, elétricas e magnéticas de materiais*
- O8. Caracterizar as aplicações e o processamento de ligas metálicas*
- O9. Caracterizar a relação processamento/estrutura/propriedade e eficiência de diferentes tipos de materiais*
- O10. Resolver problemas de engenharia na área de ciência de materiais*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

After completing the course, the student should be able to:

- O1. Apply knowledge of physics and technology to materials systems*
- O2. Identify different types of structures in materials*
- O3. Describe crystal structures and identify phases using X-ray diffraction*
- O4. Describe imperfections in solids and their effect on the behavior of materials*
- O5. Interpret phase diagrams, understand the concept of solid solution and solubility limits and also the design and control of heat treatment procedures*
- O6. Explain diffusion in solids and understand the importance of heat-treatment to improve their properties*
- O7. Explain mechanical, thermal, electrical and magnetic properties of materials*
- O8. Characterize applications and processing of metal alloys*
- O9. Characterize processing/structure/property/performance relationship of different types of materials*
- O10. Solve engineering problems in materials science*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução à ciência e tecnologia dos materiais;*
- 2. Revisão sobre a estrutura atômica e ligação interatômica;*
- 3. A estrutura dos sólidos cristalinos;*
- 4. Imperfeições em sólidos;*
- 5. Difusão;*
- 6. Propriedades mecânicas dos metais;*
- 7. Deslocações e mecanismos de endurecimento;*
- 8. Diagramas e transformações de fase;*
- 9. Aplicações e processamento de ligas metálicas;*
- 10. Estrutura, propriedades, aplicações e processamento de cerâmicas e polímeros;*
- 11. Nanomateriais: ciência, tecnologia e aplicações;*
- 12. Propriedades elétricas, térmicas e magnéticas dos materiais.*

9.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction to material science and technology;*
- 2. Review of atomic structure and interatomic bonding;*
- 3. The structure of crystalline solids;*
- 4. Imperfections in solids;*
- 5. Diffusion;*
- 6. Mechanical properties of metals;*
- 7. Dislocations and strengthening mechanisms;*
- 8. Phase diagrams and phase transformations;*
- 9. Applications and processing of metal alloys;*
- 10. Structure, properties, applications and processing of ceramics and polymers;*
- 11. Nanomaterials: science, technology and applications;*
- 12. Electrical, thermal and magnetic properties of materials.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Todos os objetivos da UC de Ciência e Tecnologia de Materiais têm correspondência direta com os conteúdos programáticos: objetivo O1 - todos os conteúdos do programa; objetivo O2 - conteúdos do programa 2, 3; objetivo O3 - conteúdo do programa 3; objetivo O4 - conteúdo do programa 4; objetivo O5 - conteúdo do programa 8; objetivo O6 - conteúdo do programa 5; objetivo O7 - conteúdos do programa 6, 7, 11, 12; objetivo O8 - conteúdo do programa 9; objetivo O9 - conteúdos do programa 9, 10, 11, 12; objetivo O10 - todos os conteúdos do programa.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

All objectives of Science and Technology of Materials course meet the different contents of the program: objective O1 - all program contents; objective O2 - program contents 2, 3; objective O3 - program content 3; objective O4 - program content 4; objective O5 - program content 8; objective O6 - program content 5; objective O7 - program contents 6, 7, 11, 12; objective O8 - program content 9; objective O9 - program contents 9, 10, 11, 12; objective O10 - all program contents.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

B-LEARNING. A matéria será apresentada em aulas teórico-práticas através de exemplos de processos de ciência e tecnologia dos materiais. Segue-se uma discussão entre os estudantes, com orientação do docente, finalizando-se com uma análise formal numérica, onde são aplicados os modelos físicos aprendidos. Nestas aulas serão também resolvidos e discutidos problemas de consolidação da matéria dada. Os estudantes devem resolver as questões e os problemas propostos, submetendo no Moodle a resolução e apresentando-a para discussão do seu conteúdo. Os estudantes deverão escrever um trabalho de síntese sobre um tema relacionado com o programa da unidade curricular. Serão disponibilizados conteúdos didáticos no Moodle.

Tipo de Avaliação: distribuída com exame final. Nota final (CF: 0-20):

CF = 35%E + 35%TE + 30%PA_A

E: nota do Exame final

TE: nota do Trabalho Escrito

PA_A: nota das Questões/Problemas_Avaliação + Apresentação

A aprovação implica uma nota final mínima de 10 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

B-LEARNING. The course contents will be presented in seminar classes through examples of materials science and technology processes. There follows a discussion among students, under teacher guidance, ending with a formal numerical analysis, where the learned physical models are applied. In these classes, problems of subject consolidation are also solved and discussed. Students must solve the proposed questions and problems, submitting the resolution in Moodle and presenting it for discussion of its content. Students will be able to write an essay on a topic related to the course program. Didactic contents will be made available on Moodle.

Assessment Type: distributed with final exam. Final grade (CF: 0-20):

CF = 35% E + 35% TE + 30% PA_A

E: Final exam grade

TE: grade of the essay

PA_A: grade of Questions / Problems_Assessment + Presentation

The approval implies a minimum final grade of 10 points.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

As aulas de componente teórica são predominantemente expositivas, tendo por objetivo descrever a estrutura, as propriedades, as aplicações e o processamento de diferentes tipos de materiais, tecnologicamente, relevantes. Estas aulas têm também por objetivo proporcionar uma compreensão da relação estrutura/propriedades determinante do comportamento mecânico, elétrico, termodinâmico e magnético dos materiais.

Nas aulas teórico-práticas os estudantes resolvem exercícios sob a orientação do docente, de modo a aplicarem os conceitos adquiridos.

Em complemento às aulas de natureza presencial, são disponibilizados conteúdos didáticos na Plataforma Moodle da UP, permitindo um estudo online.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Lectures are predominantly expository, with the aim of describing the structure, properties, applications and processing of different types of technologically relevant materials. Lectures also aim to provide understanding of the structure/properties relationship controlling the mechanical, electrical, thermodynamic and magnetic behavior of materials.

In seminar classes, students will solve exercises under the guidance of the instructor in order to apply the acquired knowledge.

In addition to face to face lectures and seminar classes, didactic contents will be made available on Moodle platform, to allow online study.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

W.D. Callister, Jr. and D.G. Rethwisch; Material Science and Engineering, 9th ed., John Wiley & Sons (Asia), 2014.

W. Smith and J. Hashemi, Foundations of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill, 2011.

Richard Tilley, John ; Crystals and crystal structures, Wiley & Sons, Inc, West Sussex, UK, 2006.

Nanomaterials: Science, Technology and Applications, editors: R. Vasanthakumari, I.B. Shameem Banu, Takuya Tsuzuki and Abdul Hadi, 2014.

Stephen Elliot; The Physics and Chemistry of Solids, John Willey & Sons, 1998.

Charles Kittel; Introduction to Solid State Physics, John Wiley & Sons, New York, 7th ed., 1996.

Teresa M. Seixas; Course Notes in Science and Technology of Materials, 2014.

Anexo II - Computação Paralela**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Computação Paralela

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Parallel Computing

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*Ricardo Jorge Gomes Lopes da Rocha (42-TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:**

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*Dotar os estudantes do conhecimento teórico e prático dos modelos de computação orientados para arquiteturas paralelas e distribuídas. Será dada ênfase ao desenvolvimento de competências de programação para memória distribuída com o MPI, e de programação em memória partilhada com processos, threads e OpenMP.**Ao completarem esta UC, os estudantes deverão ser capazes de:*

- A. conhecer os principais modelos, paradigmas, ambientes e ferramentas de programação paralela;*
- B. entender e aferir conceitos relativos à estrutura, funcionamento e desempenho de programas paralelos;*
- C. formular soluções nos principais paradigmas de programação paralela, nomeadamente MPI, Pthreads e OpenMP.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*Introduce the students to advanced concepts on the theory and practice of computational models for parallel and distributed memory architectures. Hands-on experience on programming distributed memory architectures with MPI, and programming shared memory architectures using processes, threads and OpenMP.**On completing this course, the students must be able to:*

- A. be aware of the main models, paradigms, environments and tools for parallel programming;*
- B. understand and assess the concepts related to the structure, operation and performance of parallel programs;*
- C. formulate solutions in the main parallel programming paradigms, namely MPI, Pthreads and OpenMP.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:**1. Fundamentos:***Programação paralela, concorrência e paralelismo. Taxonomia de Flynn. Metodologia de Foster. Medidas de speedup e eficiência. Lei de Amdahl. Lei de Gustafson-Barsis. Métrica de Karp-Flatt.***2. Programação em Memória Distribuída:***A especificação MPI, troca explícita de mensagens, protocolos de comunicação, tipos derivados, empacotamento de dados, comunicações coletivas, comunicadores, topologias.***3. Programação em Memória Partilhada:***Processos, segmentos de memória partilhada, mapeamento de ficheiros em memória partilhada, spinlocks, semáforos.**Processos multithreaded com o Pthreads, mutexs, variáveis de condição, chaves, implementações do Pthreads. A especificação OpenMP, diretivas de compilação, construtores de work-sharing e de sincronização, funções básicas, variáveis de ambiente, remoção de dependências nos dados, desempenho, combinando o OpenMP com o MPI.***4. Algoritmos:***Paralelização de algoritmos. Estratégias de escalonamento e balanceamento de carga.***9.4.5. Syllabus:****1. Foundations:***Parallel programming, concurrency and parallelism. Flynn taxonomy. Foster's programming methodology. Speedup and efficiency. Amdahl law. Gustafson-Barsis law. Karp-Flatt metrics.***2. Programming for Distributed Memory Architectures:***MPI specification, explicit message passing, communication protocols, derived types, data packing, collective communications, communicators, topologies.***3. Programming for Shared Memory Architectures:***Processes, shared memory segments, shared memory through file mapping, spinlocks, semaphores. Multithreading processes with Pthreads, mutexs, conditional variables, keys, implementations of Pthreads. OpenMP specification, compilation directives, work-sharing constructors, basic constructors, synchronisation constructors, basic functions, environment variables, removing data dependencies, performance, combining OpenMP with MPI.***4. Algorithms:***Parallel algorithms. Scheduling and load balancing strategies.***9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular***Os objetivos de aprendizagem estão centrados no conhecimento dos fundamentos da computação paralela e no desenvolvimento de competências de programação em ambientes paralelos. Os conteúdos programáticos incluem fundamentos e conceitos relativos à estruturação, funcionamento e desempenho de programas paralelos, bem como a*

formulação de soluções e respetivas implementações utilizando programação em memória distribuída e partilhada com MPI, Pthreads e OpenMP. Em mais detalhe, os conteúdos do ponto 1 contribuem para os objetivos A e B; os conteúdos dos pontos 2 e 3 contribuem para os objetivos A, B e C; e os conteúdos do ponto 4 contribuem para os objetivos B e C.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The learning outcomes are focused on the knowledge of the fundamentals of parallel computing and on the development of programming skills in parallel environments. The syllabus include foundations and concepts related to the structure, operation and performance of parallel programs, as well as the formulation of solutions and corresponding implementations using distributed and shared memory programming with MPI, Pthreads and OpenMP. In more detail, the contents of point 1 contribute to the learning outcomes A and B; the contents of points 2 and 3 contribute to outcomes A, B and C; and the contents of point 4 contribute to outcomes B and C.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Exposição e discussão dos conceitos sobre modelos de programação paralela e distribuída; resolução de exercícios e apoio ao desenvolvimento de trabalhos práticos de programação ilustrativos dos vários modelos de programação paralela.

A avaliação dos estudantes faz-se por realização de 2 trabalhos práticos, um sobre programação em memória distribuída e outro sobre programação em memória partilhada, e de um exame final escrito. Cada trabalho prático terá um peso total de 3 em 20 valores na classificação final da UC e o exame final escrito terá um peso de 14 em 20 valores na classificação final da UC. A classificação mínima no exame é de 40%.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Lecture classes to introduce the fundamental concepts on the theory and practice of computational models for parallel and distributed memory architectures; Hands-on exercises on programming distributed and shared memory architectures.

Students are assessed by their performance in the following components: (a) two project assignments, one focusing on programming for distributed memory architectures and the other focusing on programming for shared memory architectures, worth 3 points each out of 20; (b) a written exam in the final of the semester worth 14 points out of 20. The minimum classification in the written exam is 40%.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A componente teórica das aulas introduz os conceitos mais relevantes e apresenta em detalhe os principais paradigmas de programação paralela para memória distribuída e para memória partilhada, sempre com recurso a exemplos concretos de programas nos diferentes paradigmas. Simultaneamente, na componente prática das aulas, os estudantes são incentivados a resolverem exercícios relacionados e a realizar dois trabalhos práticos de programação de maior dimensão, um utilizando MPI e outro utilizando Pthreads ou OpenMP, consolidando assim os seus conhecimentos teóricos e práticos. Os trabalhos propostos, além de valorizarem a aprendizagem, contribuem diretamente para a classificação final do aluno, o que incentiva o estudo continuado necessário ao acompanhamento dos conteúdos programáticos e o atingir dos objetivos de aprendizagem da UC.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The theoretical component of the classes introduces the main concepts and presents in detail the main parallel programming paradigms for distributed and shared memory, always using specific examples of programs in the different paradigms. Simultaneously, in the practical component of the classes, students solve related programming exercises and have to solve two larger programming assignments, one in MPI and another in Pthreads or OpenMP, thus consolidating their theoretical and practical competence in parallel programming. Both proposed assignments contribute to the final mark of the students, which encourage a continuous study, thus helping the students to consolidate their knowledge and to achieve the learning outcomes of the curricular unit.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- P. Pacheco. (1996). *Parallel Programming with MPI*, Morgan Kaufmann.
- Michael J. Quinn (2003). *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*, McGraw-Hill.
- M. Mitchell, J. Oldham and A. Samuel (201). *Advanced Linux Programming*, New Riders.
- B. Nichols, D. Buttler and J.P. Farrell (1996); *Pthreads Programming*, O'Reilly.
- R. Chandra, L. Dagum, D. Kohr, D. Maydan, J. McDonald and R. Menon (2000). *Parallel Programming in OpenMP*, Morgan Kaufmann.
- B. Wilkinson, M. Allen.(2004). *Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers (2nd Edition)*, Prentice Hall.

Anexo II - Data-Driven Decision Making

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Data-Driven Decision Making

9.4.1.1. Title of curricular unit:

*Data-Driven Decision Making***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***CC***9.4.1.3. Duração:***Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***João Pedro Pedroso Ramos dos Santos (42-TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***-***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Pretende-se que os alunos:*

- 1. Se familiarizem com a utilização dos principais métodos de aprendizagem supervisionada e não supervisionada na tomada de decisão.*
- 2. Aprendam a formalizar modelos de otimização em programação matemática.*
- 3. Se familiarizem com linguagens e bibliotecas para a resolução destes problemas.*
- 4. Sejam capazes de fazer uma análise crítica de soluções obtidas.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*Students should:*

- 1. Get acquainted with the usage of the main supervised and unsupervised machine learning methods on decision making.*
- 2. Learn how to formalize optimization models in mathematical programming.*
- 3. Get acquainted with languages and libraries for solving these problems.*
- 4. Be able to critically analyze solutions obtained.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- 1. Introdução: exemplos de utilização de inteligência artificial e otimização.*
- 2. Análise de dados: casos de estudo em Python.*
- 3. Problemas de aprendizagem automática: enquadramento, casos de estudo e aplicação na tomada de decisão.*
- 4. Árvores de decisão: definição e utilização na tomada de decisão. Random Forests.*
- 5. Análise de texto: utilização na aquisição de conhecimento.*
- 6. Clustering e métodos de aprendizagem não supervisionada.*
- 7. Otimização linear: formulação e resolução computacional.*
- 8. Otimização inteira: formulação e resolução computacional.*
- 9. Otimização não linear: formulação e resolução computacional.*
- 10. Considerações finais. Impacto da matéria lecionada nas organizações.*

9.4.5. Syllabus:

- 1. Introduction: examples of usage on artificial intelligence and optimization.*
- 2. Data analysis: case studies in Python.*
- 3. Machine learning problems: framework, case studies and application in decision making.*
- 4. Decision trees: definition and use in decision making. Random Forests.*
- 5. Text analysis: use in knowledge acquisition.*
- 6. Clustering and unsupervised learning methods.*
- 7. Linear optimization: formulation and computational resolution.*

- 8. Integer optimization: formulation and computational resolution.
- 9. Nonlinear optimization: formulation and computational resolution.
- 10. Final Considerations. Impact of the subjects taught on organizations.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

A tomada de decisão científica envolve habitualmente a utilização de modelos e métodos de otimização, que estão necessariamente dependentes dos dados utilizados. Os pontos 1 a 5 do programa abordam a aquisição de dados e os paradigmas fundamentais da aprendizagem automática numa perspetiva de utilização na tomada de decisão. Os pontos 7 a 9 do programa abordam a formulação matemática de problemas de otimização e cobrem o objetivo 2. Os pontos 1 a 9, sendo lecionados tendo em vista a utilização prática dos métodos, permitirão ao estudante familiarizar-se com as ferramentas existentes para a sua resolução e analisar a solução obtida, cobrindo assim os objetivos 3 e 4.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Scientific decision-making usually involves the use of optimization models and methods, which are necessarily dependent on the data used. Points 1 to 5 of the program address data acquisition and the fundamental paradigms of machine learning from a perspective of decision making. Points 7 to 9 of the program address the mathematical formulation of optimization problems and cover objective 2. Points 1 to 9, being taught with a view to the practical use of methods, will allow the student to become familiar with the existing tools and solvers and analyze the solution obtained, thus covering objectives 3 and 4.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

- Exposição teórica com discussão de casos de estudo.
- Resolução de problemas, acompanhamento dos projetos.
- Desenvolvimento e apresentação dos projetos práticos pelos estudantes.

Avaliação distribuída sem exame final

- Teste: 20% [quizzes]
- Trabalho prático ou de projeto: 80%

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

- Lectures: presentation of the program topics and discussion of examples.
- Labs: problem solving and case studies.
- Assignments: development and presentation of practical projects by students.

Evaluation type: Distributed evaluation without final exam. Grading:

- In-class questions (Quizzes): 20%
- Practical assignments: 80%

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Sendo o objetivo principal da unidade curricular a aprendizagem da teoria e prática subjacentes à tomada de decisão, as aulas fornecem o veículo principal para a transmissão de conhecimentos. Os trabalhos de projeto permitem avaliar de forma aplicada os conhecimentos adquiridos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Since the main objective of the course is to learn the theory and practice underlying decision making, classes provide the main vehicle for the transmission of knowledge. The project work allows the acquired knowledge to be evaluated in an applied way.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Bertsimas, D., Allison, K. O., & Pulleyblank, W. R. (2016). *The analytics edge*. Dynamic Ideas LLC.
- Géron, A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. O'Reilly Media.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... & Vanderplas, J. (2011). *Scikit-learn: Machine learning in Python. the Journal of machine Learning research, 12, 2825-2830.*

Anexo II - Fundamentos de Biologia Molecular

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Fundamentos de Biologia Molecular

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Fundamentals of Molecular Biology

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

BIOL

9.4.1.3. Duração:*Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42 - TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Luís Gustavo de Carvalho Pereira (21-TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***Maria Susana Jorge Pereira (21-TP)***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

A disciplina de Fundamentos de Biologia Molecular visa transmitir aos estudantes conhecimentos básicos sobre estrutura celular como unidade fundamental da vida tal como a conhecemos, bem como a estrutura, organização e replicação do material genético, o tipo de informação contida no genoma, os mecanismos de transcrição e tradução, o modo como estes processos são regulados, e a estrutura e função das proteínas.

Os estudantes deverão adquirir conhecimentos básicos na área de Biologia Molecular e desenvolver as competências necessárias para a análise e interpretação de resultados decorrentes da utilização de técnicas de Biologia Molecular e Bioinformática.

Pretende-se preparar os estudantes com um “core” de conhecimentos, vocabulário e grelha conceptual que lhes permita integrar equipas multidisciplinares em áreas de “interface”, como Bioinformática, Biologia Computacional ou outras.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Fundamentals of Molecular Biology aims to provide students with basic knowledge about the cell structure as the unit of life, organization and replication of genetic material, the type of information contained in the genome, the mechanisms of transcription and translation, how these processes are regulated, and the structure and function of proteins.

Students should acquire basic knowledge in the field of Molecular Biology and develop the necessary skills for the analysis and interpretation of results derived from the use of Molecular Biology and Bioinformatics techniques.

Prepare students with a core of knowledge, vocabulary, and a conceptual framework that allows them to integrate multidisciplinary teams in areas of interface such as Bioinformatics, Computational Biology, or other.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

A célula como unidade fundamental dos seres vivos. Estrutura, organização e replicação do material genético, o tipo de informação contida no genoma, os mecanismos de transcrição e tradução, o modo como estes processos são regulados, e a estrutura e função das proteínas.

Estrutura dos nucleótidos e dos ácidos nucleicos. Emparelhamento de bases e as regras de Chargaff. Propriedades físico-químicas do DNA. Duplicação do DNA - procariontes e eucariontes. Mecanismos de reparação do DNA.

O fluxo de informação de DNA à proteína.

Transcrição e tradução. Processamento do mRNA. Estrutura do RNA. Mecanismos de excisão de intrões. Regulação da expressão de genes em procariontes e eucariontes.

Aminoácidos e proteínas. Níveis estruturais das proteínas. Os princípios que governam a aquisição da conformação de proteínas. Síntese proteica. O código genético universal.

Técnicas de sequenciação. Sequenciação de genomas e conhecimentos derivados da análise de genomas.

Sequenciação de nova geração (NGS).

9.4.5. Syllabus:

Basic cell structure. Structure, organization and replication of the genetic material, the type of information contained in the genome, the mechanisms of transcription and translation, how these processes are regulated, and the structure and function of proteins.

Structure of nucleotides and nucleic acids. Base pairing and the Chargaff rules. Physicochemical properties of DNA.

DNA duplication - prokaryotes and eukaryotes. Mechanisms of DNA repair.

The flow of genetic information.

Transcription and translation. Structure of RNA. Processing of mRNA. Mechanisms of intron splicing. Regulation of gene expression in prokaryotes and eukaryotes.

Amino acids and proteins. Structural levels of proteins. The principles governing the acquisition of protein conformation. Protein synthesis. The universal genetic code. Protein separation and identification techniques.

Sequencing techniques. Sequencing of genomes and knowledge derived from genome analysis. New generation sequencing (NGS).

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os conteúdos programáticos incorporam conhecimento científico actual sobre a biologia celular e molecular, que se integra na área de investigação desenvolvida pelos docentes, e reflectem a experiência pedagógica e científica dos docentes envolvidos na leccionação da unidade curricular. Os conteúdos programáticos conferem ao estudante um conjunto de conhecimentos e competências básicas sobre a natureza e funcionamento da vida bem como da estrutura da informação genética, de uma forma apropriada a uma população estudantil que, potencialmente, terá uma baixa formação em biologia. Pretende-se ainda assim proporcionar um sólido conhecimento sobre o que é a vida, bem como de alguns dos métodos mais importantes para a estudar.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus incorporates current scientific knowledge on cell and molecular biology, which is part of the area of research developed by the professors, and reflects the pedagogical and scientific experience of the professors involved in the teaching of the course. The syllabus provides the student with a set of knowledge and basic skills about the nature and functioning of life, as well as the structure of genetic information, in a way that is appropriate for a student population that will potentially have a low level of education in biology. It is still intended to provide a solid knowledge about what life is, as well as some of the most important methods for studying it.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teórico-práticas acompanhadas pela projeção de imagens que ilustrem convenientemente a exposição oral e apresentação de filmes didáticos. O acompanhamento da matéria leccionada nas aulas deverá ser feito através da consulta de bibliografia: livros de texto, sites, e artigos científicos criteriosamente seleccionados.

Resolução de problemas de Biologia Molecular e análise de artigos científicos com especial enfoque na identificação de questões de Biologia Molecular.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final (70%).

Resolução de fichas de trabalho colocadas na plataforma de E-learning (15%).

Apresentações orais (15%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical-practical classes accompanied by the projection of images that conveniently illustrate the oral presentation and presentation of educational films. The follow-up of the subjects taught in class should be done through a bibliographical reference: carefully selected textbooks, websites, and scientific articles.

Solving Molecular Biology problems and analyzing scientific articles with special focus on the identification of Molecular Biology.

Type of Assessment: Distributed evaluation with final exam (70%).

Resolution of training tests placed on the E-learning platform (15%).

Oral presentations (15%).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A metodologia de ensino desta UC conjuga três aspectos fundamentais do processo de ensino-aprendizagem: formação teórica, formação prática supervisionada e investigação autónoma. Na formação teórica, lecionada em sala de aula, serão apresentadas alguns dos temas centrais da Biologia Molecular. Os temas teórico-práticas iniciais irão permitir que os estudantes desenvolvam as suas competências, no uso de ferramentas básicas da bioinformática molecular, de uma forma supervisionada. Por fim, nos projetos de investigação realizados nas aulas teórico-práticas subsequentes, os estudantes devem trabalhar de uma forma completamente autónoma. As aulas irão também contribuir para o desenvolvimento de competências relacionadas com o trabalho em equipa, a responsabilidade, o rigor e a capacidade de comunicação de resultados científicos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The teaching methodology of this UC combines three fundamental aspects of the teaching-learning process: theoretical training, supervised practical training and autonomous research. In theoretical training, carried out in a classroom, some of the basic methodologies of molecular bioinformatics will be presented. The initial classes will enable the students to develop their skills, in the use of basic tools of molecular bioinformatics, in a supervised way. Finally, in the research projects carried out in the final subsequent classes, the students should work in an autonomous way. The classwork will also contribute to the development of skills related to teamwork, responsibility, and the ability to communicate scientific results.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Molecular biology of the cell (2014), 6th edition by Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, Peter Walter. Garland Science.

Molecular cell biology (2013), 7th ed, by Lodish Harvey. W. H. Freeman and Co.

Recombinant DNA: genes and genomes: a short course (2007) 3rd ed. By Watson James D. W. H. Freeman. New York.

Foundations of comparative genomics (2007), by Mushegian, Arcady R., Academic Press, Amsterdam

Discovering Genomics, Proteomics and Bioinformatics (2006) 2nd ed. - by A. Malcolm Campbell and Laurie J. Heyer. CSHLP.

Anexo II - Introdução à Ciência de Dados

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Introdução à Ciência de Dados

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Introduction to Data Science

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Alípio Mário Guedes Jorge (42 TP)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Os alunos deverão ficar com uma perspectiva abrangente dos diferentes passos que envolvem um projeto típico de Data Science. Para cada um destes passos algumas das técnicas principais serão apresentadas, sendo detalhes mais aprofundados deixados para outras UCs. Esta UC deverá permitir aos alunos um melhor enquadramento dos tópicos aprofundados noutras UCs, dando-lhes uma perspectiva geral do encaixe destes e da sua importância no contexto de projetos concretos de Data Science.

Serão ainda fornecidos exemplos concretos de aplicação das técnicas principais de Data Science por forma a permitir, desde já, uma abordagem baseada em casos de estudo concretos.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Students will obtain a global perspective of the different steps of a typical Data Science project. For each of these steps some of the main techniques and methods will be presented, with further details left for other more specific UCs. The current UC will allow students to better frame the different topics addressed by the other UCs, giving them a general perspective of how they fit within the Data Science area and of their importance in the context of specific Data Science projects.

The UC will also provide concrete examples of the application of the main Data Science techniques, thus immediately providing a case-base approach to learning Data Science.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- O modelo CRISP-DM;
- Problemas de Negócio e Coleção de Dados;
- Modelação
- Análise exploratória de dados;
- Análise de agrupamento;
- Modelos de previsão;
- Metodologias de avaliação;
- Reporting e implementação do processo de DM.

9.4.5. Syllabus:

- The CRISP-DM model;
- Data Collection and Business Understanding;
- Modeling
- Exploratory Data Analysis;
- Clustering;
- Predictive Analytics;
- Evaluation methodologies;
- Reporting and deployment.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os conteúdos programáticos definidos para esta unidade curricular pretendem dotar o aluno do conhecimento das etapas essenciais a um projeto de Data Science. Pretende-se que o aluno seja capaz de definir o problema, recolher dados, aplicar e avaliar algumas das técnicas principais de modelação e interpretar os resultados obtidos.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus contents defined for this course unit are intended to provide the student with knowledge of the essential steps to a Data Science project. The goal is that the student will be able to define the problem, collect data, apply and evaluate some of the main modeling techniques and interpret the obtained results.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas será usado o método expositivo, sendo apresentada uma visão organizada dos temas do programa, bem como exemplos práticos da aplicação dos mesmos.

A avaliação será feita de forma distribuída com exame final.

A avaliação da UC é distribuída, composta por dois (2) testes teóricos durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e um (1) trabalho prático no final do semestre.

O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula:

$$NF = 0.60 * N_{\text{Teórica}} + 0.40 * N_{\text{Prática}}$$

em que, N_{Teórica} é a média das notas nos dois testes teóricos ou da nota de exame e N_{Prática} é dada pela realização de um trabalho prático.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

During classes topics will be exposed with the help of practical examples.

Evaluation will be carried out in a distribution form together with a final exam.

This UC uses distributed evaluation formed by two (2) theoretical tests during the semester (or alternatively a final exam), and one (1) practical assignment at the end of the semester.

The final grade will be calculated as the weighted average of the practical and theoretical grades using the following formula:

$$NF = 0.60 * N_{\text{Th}} + 0.40 * N_{\text{Pra}}$$

where, N_{Th} is the average of the grades in the two tests or the grade in the final exam, and N_{Pra} is the grade of the practical assignment.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

As principais técnicas de Data Science apresentadas na unidade curricular serão exemplificadas em casos concretos de estudo para que o aluno consiga ter uma visão da aplicabilidade e conjugação das mesmas num projeto de Data Science.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The main Data Science techniques presented in the curricular unit will be exemplified in concrete cases of study so that the student can have a vision of the applicability and conjugation of them in a Data Science project.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

1. Jake VanderPlas; *Python Data Science Handbook*, O'Reilly, 2016. ISBN: 978-1-491-91205-8.
2. J. Han , M. Kamber and J. Pei. *Data Mining - Concepts and Techniques (3rd edition)*, 2011. ISBN: 9780123814791.

Anexo II - Lasers

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Lasers

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Lasers

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

Formação de base em física dos lasers, onde se inclui o estudo da interacção luz-matéria (abordagens clássica, semi-clássica e quântica), feixes gaussianos e cavidades ópticas, amplificação e oscilação laser nos regimes estacionário (cw) e dinâmico (Q-switching, mode-locking), com exemplos de sistemas laser específicos relevantes e de várias aplicações actuais dos lasers em ciência e tecnologia.

A física e tecnologia laser é uma área em rápida e constante evolução, tendo um inegável impacto quer em ciência fundamental quer em aplicações, pelo que um sólido conhecimento de base na área é muito importante para que os estudantes possam acompanhar e envolver-se em novos desenvolvimentos científicos e tecnológicos no campo.

9.4.1.7. Observations:

Training in basic laser physics, comprising the study of light-matter interaction from different approaches (classical, semi-classical and quantum), the study of gaussian beams and spherical optical cavities, laser amplification and oscillation in continuous-wave (cw) and in time-dependent (relaxation, Q-switching, mode-locking) regimes. Examples of specific laser systems and relevant recent applications in science and technology.

Laser physics and technology is a rapidly evolving field with a strong impact both in fundamental science and in applications. A solid training in the fundamentals of laser physics is therefore paramount for the successful enrolment of students in new scientific and technological developments in the field.

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Helder Manuel Paiva Rebelo Cerejo (TP - 42)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

- *Compreensão dos processos físicos fundamentais e dos diferentes regimes de operação de um laser.*
- *Capacidade de análise e cálculo de sistemas laser específicos e das principais características da radiação emitida, nos domínios energético, espacial, espectral e temporal.*
- *Motivação para o estudo, otimização e desenvolvimento de tecnologia laser e aplicações em várias áreas da Ciência e Tecnologia (Física, Medicina, Química, Biologia, Engenharia, etc.) e na Indústria.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *Understanding of the fundamental physical processes and different operating regimes of a laser.*
- *Skills in analysis and calculation of specific laser systems and of the main characteristics of the emitted radiation in terms of power/energy, as well as in the spatial, spectral and temporal domains.*
- *Motivation for the study, optimization and development of laser technology and applications in several fields of Science and Technology (Physics, Medicine, Chemistry, Engineering, etc.) and in Industry.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Introdução e motivação: História, tecnologia, aplicações, investigação atual.
Conceitos básicos: Emissão espontânea e emissão estimulada; absorção. Conceito do laser. Bombeamento.
Propriedades básicas de feixes laser. Tipos de lasers. Interação da radiação com átomos e iões. Mecanismos de alargamento de riscas espectrais. Saturação.
Propagação de raios e de ondas em meios ópticos: Formulação matricial da ótica geométrica. Reflexão e transmissão de ondas numa interface dielétrica. Camadas e multicamadas dielétricas. O interferómetro de Fabry-Pérot. Ótica difrativa na aproximação paraxial. Feixes Gaussianos
Cavidades ressonantes óticas passivas: Modos próprios e valores próprios. Tempo de vida dos fótons e fator de qualidade. Condição de estabilidade. Cavidades estáveis e instáveis.
Mecanismos de bombeamento.
O laser em regime contínuo;
O laser em regime pulsado.

9.4.5. Syllabus:

Introduction and motivation: History, laser technology, applications, research.
Introductory concepts: Spontaneous and stimulated emission and absorption. The laser idea. Overview of pumping schemes. Basic properties of laser beams. Types of lasers.
Interaction of radiation with atoms and ions: Summary of blackbody theory. Spontaneous emission. Absorption and stimulated emission. Line broadening mechanisms. Saturation.
Ray and wave propagation through optical media: Matrix formulation of geometric optics. Wave reflection and transmission at a dielectric interface. Single and multilayer dielectric coatings. The Fabry-Pérot interferometer.
Diffraction in the paraxial approximation. Gaussian beams.
Passive optical resonators: Eigenmodes and eigenvalues. Photon lifetime and cavity Q. Stability condition. Stable and unstable resonators.
Pumping processes: Optical pumping; notions of other types of pumping.
Continuous wave laser behavior.
Transient laser behavior.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os conteúdos programáticos desta unidade curricular são idênticos aos de cursos similares lecionados em universidades de referência a nível mundial, onde os cursos de lasers estão já bem estabelecidos. Os vários exemplos de sistemas laser relevantes hoje em dia e de várias aplicações actuais dos lasers em ciência e tecnologia complementam o conhecimento de base.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus of this course is identical to that of similar courses taught at world-leading universities, where laser physics courses are well-established. The profuse and up-to-date examples of relevant laser systems and modern applications of laser technology come to complement the basic training in laser physics.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas para apresentação e discussão dos vários tópicos, com exemplos relevantes, e aulas de resolução de problemas selecionados. Visitas de estudo opcionais (mas recomendadas) a laboratórios de investigação do Departamento de Física e Astronomia e a empresas que desenvolvem lasers e tecnologia laser na área do Porto.
Avaliação distribuída com exame final: 95% exame escrito; 5% avaliação contínua (participação ativa nas aulas teóricas e de resolução de problemas).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Classes for presenting and discussing theoretical topics, with relevant examples, and for problem solving. Optional (but recommended) study visits to laser-based research laboratories at the Department of Physics and Astronomy and to companies developing lasers and laser technology in the Porto area.
Student assessment:
Distributed evaluation with final exam: 95% written exam; 5% continuous assessment (active participation in theory and problem-solving classes).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A exposição das matérias nas aulas é organizada de acordo com o programa a cumprir e os objetivos a alcançar, recorrendo-se a exemplos para motivar e orientar o estudante no seu estudo autónomo, sempre que possível incluindo referências a conteúdos estudados noutras unidades curriculares. Os estudantes são estimulados a trabalhar com antecedência os problemas propostos para as aulas, onde são resolvidos e discutidos exercícios com vista a consolidar os conceitos estudados e a preparar os estudantes para a sua aplicação em diferentes situações.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

Lecture presentations follow the syllabus and the intended outcomes, with frequent examples given to motivate and guide the students in their own study, including frequent references to subjects studied in other courses. The students are encouraged to work previously on the problems and exercises proposed for the problem-solving classes, where exercises are solved and discussed with the goal of consolidating the subjects and preparing the students for their application in various scenarios.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

O. Svelto (2010). "Principles of Lasers, 5th Ed.", Plenum Press.

Cerullo G. (2001). Problems in laser physics. ISBN: 978-0-306-46649-6 (Resoluções de vários problemas do livro de texto (O. Svelto), ou de variantes dos mesmos)

P. W. Milonni, J. H. Eberly (1988). "Lasers, Wiley ", J. Wiley.

Karl F. Renk (2012). Basic of Laser Physics For Students of Science and Engineering, Springer. ISBN: 978-3-642-23564-1 (Muito recente. Aborda tecnologias laser de particular relevo hoje em dia, como os lasers de femtosegundos (nomeadamente o laser de Titânio:Safira) e os lasers de semiconductor.)

A. E. Siegman (1986). "Lasers", University Science Books.

Anexo II - Machine Learning

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Machine Learning

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Machine Learning

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Alípio Mário Guedes Jorge (42-TP)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Os estudantes deverão ficar a conhecer os fundamentos algorítmicos da aprendizagem automática. Deverão ser capazes de selecionar os algoritmos adequados para cada problema e de aplicar os algoritmos a novos conjuntos de dados e a compreender e avaliar os seus resultados.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Students should be aware of the algorithmic fundamentals of machine learning. They should be able to select the appropriate algorithms for each problem and apply the algorithms to new datasets and understand and evaluate their results.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- Modelos lineares, mínimos quadrados, encolhimento (Lasso);
- Vizinhos mais próximos;
- Teoria estatística da decisão;
- Compromisso viés-variância;
- Modelos de mistura;
- Avaliação: Cruzada e bootstrap; medidas; utilização de testes de hipóteses;
- Máxima verosimilhança; Expectation-Maximization e amostragem de Gibbs; MCMC;
- Boosting e Bagging;
- Redes Neurais, auto-encodes e deep-learning;
- Métodos de núcleo e SVM;
- Embeddings, fatorização de matrizes e descida por gradiente.

9.4.5. Syllabus:

- Linear models: least squares, shrinkage (Lasso);
- Nearest neighbours;
- Statistical decision theory;
- Bias-variance tradeoff;
- Mixture models;
- Evaluation: Cross validation and bootstrap; measures; using statistical testing;
- Maximum Likelihood; Expectation-Maximization and Gibbs sampling; MCMC;
- Boosting and Bagging;
- Neural Networks, auto-encoders and deep learning;
- Kernel methods and SVM;
- Embeddings, matrix factorization and gradient descent

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Nesta UC serão abordados os mais fundamentais algoritmos de aprendizagem, a sua aplicação e avaliação o que permite compreendê-los e aplicá-los competentemente. Os conceitos fundamentais na base da aprendizagem serão importantes para a compreensão dos problemas e a seleção dos algoritmos mais adequados para cada problema. O conhecimento mais aprofundado sobre o funcionamento das abordagens de aprendizagem permitirá a sua aplicação a problemas novos assim como o desenvolvimento de novas soluções. Os conceitos de avaliação dos métodos de aprendizagem permitirá a correta avaliação dos resultados assim como do seu melhoramento.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

In this unit the most fundamental machine learning algorithms will be studied, as well as their application and evaluation. This enables their understanding and competent application. The fundamental concepts on the basis of learning will be important for understanding the problems and selecting the most appropriate algorithms for each problem. More in-depth knowledge of how learning approaches work will allow their application to new problems as well as the development of new solutions. The concepts of evaluation of learning methods will allow the correct evaluation of the results as well as their improvement.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Nas aulas será usado o método expositivo, sendo apresentada uma visão organizada dos temas do programa, bem como exemplos práticos de aplicação dos mesmos. Avaliação prática (trabalhos) 50% e avaliação teórica (testes e/ou exame final) 50%.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

In the classes will be used the expository method, being presented an organized view of the themes of the program, as well as practical examples of their application. Practical assessment (assignments) 50% and theoretical assessment (tests and / or final exam) 50%.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

As partes expositivas das aulas servirão para fazer a introdução dos algoritmos e dos seus fundamentos, assim como para fazer a descrição da sua aplicação e avaliação. As partes práticas permitirão aos estudantes treinar as suas competências de resolução de problemas concretos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The lectures will be used to introduce the algorithms and their fundamentals, as well as to describe their application and evaluation. The practical parts will enable students to train their problem-solving skills.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Shai Shalev-Shwartz, Shai Ben-David, (2014). Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms, Cambridge University Press.
Hastie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. H.. (2009). The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition. Springer Series in Statistics: Springer.*

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:*Metrologia Ótica***9.4.1.1. Title of curricular unit:***Optical Metrology***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***FIS***9.4.1.3. Duração:***Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Paulo Vicente Marques (42TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***-***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

Metrologia está associada à medida, ao conceito e princípios gerais, às metodologias e às técnicas que a concretizam. A um determinado nível é de carácter fundamental pois tem a ver com todo o processo de obter informação sobre a envolvente, o que implica perceber a problemática do que significa ser Observador; por outro lado, é de enorme relevância prática pois as aplicações tecnológicas mais diversas necessitam de padrões de medida adequados e de metrologia relativa a esses padrões para aferir o estado de sistemas. No caso presente trata-se de utilizar a Luz no processo de medição, que se sintetiza com a designação Metrologia Ótica. Assim, esta UC tem objectivos de aprendizagem que se situam num espectro largo, desde a compreensão de conceitos fundamentais até à capacidade operacional de utilização de variadas técnicas óticas de medida.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Metrology is associated with measurement, the concept and general principles, as well as methodologies and techniques supported by them. At a fundamental level involves to understand the problematics about what means to be an Observer; at another level, it is of large practical importance considering the most diverse technological applications require adequate measurement standards and proper metrology to assess the state of systems. In the present case, the focus is to utilize the properties of light in the measurement process, synthetized in the words Optical Metrology. Therefore, this UC has learning objectives which are situated in a broad spectrum, ranging from the understanding of fundamental concepts up to the operational capacity of application of diverse optical measurement techniques.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

A UC inicia-se com uma revisão dos fenómenos nucleares da metrologia óptica, nomeadamente interferência e difracção. De seguida, situa-se a problemática clássica e quântica associada à medição, a que se segue a exposição dos princípios gerais da metrologia óptica. As técnicas de medida baseadas na modulação da intensidade da luz são expostas, após o que se entra num capítulo muito importante desta UC, nomeadamente metrologia por interferometria, o que inclui tipologias interferométricas e seu desempenho, interacção com o mensurando, processamento de sinal óptico e optoelectrónico. Tópicos a considerar em detalhe serão também a holografia e a interferometria estelar. Técnicas de speckle e de Moiré serão também expostas. Uma área importante da metrologia tem a ver com imagem, pelo que serão apresentados os princípios fundamentais da microscopia de baixa coerência, confocal e de fotões múltiplos. Serão também apresentados princípios e aplicações da metrologia baseada em fibra óptica.

9.4.5. Syllabus:

The course begins with a revision of base phenomena of optical metrology, namely interference and diffraction. Then, it is introduced the problematic of the measurement process in the classic and quantum domains, followed by the exposition of the general principles of optical metrology. The measurement techniques based on modulation of the light intensity are presented, then is introduced an important chapter of this course which is metrology by interferometry. Topics such as types of interferometers, their performance, interaction with the measurand, and optical and optoelectronic processing will be addressed. To be included in this section is holography and stellar interferometry. Speckle and Moiré techniques will also be delivered. An important field of metrology deals with imaging, so will be presented the fundamentals of microscopy based on low-coherence, confocal and multiphoton. A final section will detail the principles of fiber optic based metrology and applications.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Metrologia óptica é um domínio particular da metrologia, a ciência da medida com tudo o que isso implica, desde logo perceber o que significa medir que continua a ser uma questão científica fundamental, até à elaboração de metodologias e técnicas gerais do processo de medição independentemente da tecnologia da sua implementação. Esta condiciona o nível de desempenho e o espectro das suas aplicações. É aqui que a metrologia óptica assume particular relevância pois é normalmente associada a elevada performance e vasta aplicabilidade, que resulta também da importância única da Luz.

E assim sendo entende-se que existe coerência dos conteúdos programáticos com os objectivos de aprendizagem da UC. Estes estão centrados na compreensão do processo de medição nas suas múltiplas componentes e no modo como podem ser operacionalizados em situações concretas; os conteúdos programáticos concretizam esses objectivos para o caso particular mas muito importante da fenomenologia óptica.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Optical metrology is a particular domain of metrology, the science of measurement with all it implies, to start with to understand what means "to measure" which keeps a central question in science, up to the set up of general methodologies and techniques associated to the measurement process, independently of the implementation technology. This affects the performance level and the application spectrum and is here where optical metrology shows special relevance considering it is normally associated to high performance and large applicability, also a consequence of the unique importance of light.

Therefore, there is conviction of the coherence between the programmatic contents with the objectives looked for this UC. These are centred on the comprehension of the measurement process and in the way how it can be delivered to handle specific situations; the programmatic contents concretize such objectives for the particular but especially important case of optical phenomenology.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Esta disciplina segue uma metodologia de ensino convencional, entendendo-se por isso aulas teóricas e teórico-práticas devidamente articuladas. A componente laboratorial acontece no âmbito de UC própria só com conteúdos laboratoriais.

A avaliação é efetuada por exame final e uma apresentação oral de um trabalho proposto.

Exame (70%) + Apresentação Oral (20%) + Participação presencial (10%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

This course follows a conventional teaching methodology meaning by that lectures with deliver of contents and sessions of problem's solving. The laboratorial component happens in the framework of dedicated UC which shows a list of laboratorial works/projects.

The evaluation is by a final exam and an oral presentation of a proposed work.

Exame (70%) + Apresentação Oral (20%) + Participação presencial (10%).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Neste campo solicita-se demonstrar a coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da Unidade Curricular. Na verdade, as metodologias de ensino propostas são clássicas no sentido da organização de aulas teóricas e aulas teórico-práticas, abordagem testada desde há muito e com um grau de sucesso que depende do modo como são contextualizados e apresentados os conteúdos, muito em particular ao nível da motivação e estímulo dos estudantes, algo que pode ser amplificado caso se consiga apresentar um conjunto de projectos/realizações para cuja concretização foram importantes os conceitos, metodologias, técnicas e tecnologias apresentados na Unidade Curricular.

Entende-se ser também importante proporcionar ao aluno a cultura subjacente aos conteúdos da Unidade Curricular, isto é, para além da aprendizagem das técnicas, o aluno ser capaz de elaborar sobre o conceito de medição, o que significa, o que representa, qual a sua relevância no contexto da Ciência, que caminhos para a sua utilização no contexto da Ciência e Tecnologia do futuro. De algum modo, o aluno ser capaz de adquirir uma compreensão a duas escalas, uma global e outra operacional na aplicação numa metodologia e técnica específica.

Em conclusão, a coerência das metodologias de ensino com os objectivos de aprendizagem da Unidade Curricular não dependerá tanto do modelo de aprendizagem adoptado mas porventura mais do modo como for implementado.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

In this field it is asked to demonstrate the coherency of the teaching methodologies with the learning objectives of this UC. Actually, the teaching methodologies proposed are classic in the sense of organization of contents delivery lectures and problem-solving sessions, approach tested for long and with a degree of success that depends to a large extent on the way are contextualized and presented the matters, in particular at the level of motivation and stimulus of the students, features that can be enhanced if turns possible to present a set projects/achievements which concretization depended markedly on the concepts, methodologies, techniques and technologies presented in this UC. It is also considered important to engage the student with the cultural framework related with the contents of this UC, i.e, besides the learning of the techniques the student be able to elaborate about the measurement concept, what it means, its relevance in the context of Science, which paths for its progress within the Science and Technology of the future. In some way, the student be able to acquire a two scale comprehension, one global and another operational associated with the application of a specific measurement technique/methodology. In conclusion, the coherence of the teaching methodologies with the learning objectives of this UC will not depend so much on the teaching model implemented but eventually more on the way it is implemented.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Bentley, J. P., (2004). Principles of Measurement Systems. Prentice Hall (4nd ed.)

Bewoor, (2009), Metrology&Measurement, McGraw-Hill

Gasvik, K. J., (2002), Optical Metrology, Wiley

Youhizawa, T., (2015), Handbook of Optical Metrology: Principles and Applications, CRC Press

Anexo II - Óptica Avançada

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Óptica Avançada

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Advanced Optics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

A unidade curricular enquadra-se na formação em óptica e fotónica, e como tal parte do pressuposto que os estudantes já adquiriram formação teórico-prática em ondas e electromagnetismo, e em óptica geométrica e ondulatória.

9.4.1.7. Observations:

The course unit is framed within the training in optics and photonics, and as such it assumes that students have already acquired theoretical-practical training in waves and electromagnetism, and in geometric and wave optics.

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Paulo Vicente Marques (TP - 42)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Dotar os estudantes de um conjunto de conhecimentos especializados em tópicos avançados de óptica que desenvolverá:

- aptidões para o desenvolvimento e/ou utilização de técnicas avançadas de manipulação de feixes luminosos e de sistemas ópticos relevantes em medida e imagiologia óptica.*
- competências na resolução de problemas e na análise crítica de situações onde os sistemas ópticos avançados*

desempenham um papel importante, tanto na investigação científica, como na sua utilização ao nível industrial e tecnológico.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Provide students with a set of expertise in advanced optics topics that will develop:

- *skills for the development and / or use of advanced techniques for manipulating light beams and relevant optical systems in optical measurement and imaging,*
- *competences in problem solving and critical analysis of situations where advanced optical systems play an important role, both in scientific research and in their use at industrial and technological level.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. *Propagação de feixes: revisão da teoria ondulatória da luz; interferência e difração; polarização, matrizes de Jones, propagação de feixes polarizados em meios materiais;*
2. *Propagação de feixes em sistemas ópticos: sistemas lineares, descrição matricial, resposta no espaço de frequências ópticas; óptica de Fourier; aberrações .*
3. *Controlo activo das propriedades de feixes ópticos: técnicas de óptica adaptativa, modulação de amplitude; modulação de fase; holografia; limites físicos da resolução óptica; Feixes de Bessel, sua geração e aplicação*
4. *Introdução à óptica não-linear: tensor de susceptibilidade não-linear; processos não-lineares de segunda e terceira ordem (geração de harmónicos ópticos; absorção multi-fotão; difusão Raman estimulada; depleção da fluorescência por emissão estimulada) e aplicações*
5. *Técnicas de microscopia de alta resolução: técnicas de tomografia de coerência óptica, light sheet, confocal, multi-fotão, super-resolução.*

9.4.5. Syllabus:

1. *Beam propagation: review of the wave theory of light; polarization, Jones matrices, propagation of polarized beams in material media;*
2. *Beam propagation in optical systems: linear systems, matrix description, response in the optical frequency space; Fourier optics; aberrations.*
3. *Active control of optical beam properties: adaptive optics, amplitude modulation; phase modulation; holography; physical limits of optical resolution; Bessel beams, their generation and applications.*
4. *Introduction to nonlinear optics: nonlinear susceptibility tensor; second and third order nonlinear processes (generation of optical harmonics; multi-photon absorption; stimulated Raman diffusion; fluorescence depletion by stimulated emission) and applications*
5. *High resolution microscopy techniques: optical coherence tomography, light sheet, confocal, multi-photon, super-resolution.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

O programa curricular começa por rever os fundamentos físicos da modelização da propagação de radiação eletromagnética, revisitando de forma mais aprofundada os processos de interferência e difração da luz, assim como da descrição matemática da polarização. Desta abordagem resultará uma ligação natural com o formalismo da Ótica de Fourier e com a descrição da resposta de sistemas óticos pela teoria de Sistemas Lineares. A apreensão do formalismo permitirá compreender e explorar as aplicações modernas do controlo ativo das propriedades de feixes óticos, em que se utilizam dispositivos laboratoriais que permitem o controlo de amplitude e fase dos feixes óticos quer espacialmente, quer temporalmente. Serão exploradas aplicações particulares muito relevantes em áreas tão diversas como I&D, Indústria, Medicina (aplicações de Lasers) e nas Ciências da Vida (bio-imaging, pinças óticas na manipulação celular).

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The curricular program begins by reviewing the physical fundamentals of electromagnetic radiation propagation, by a deeper review of the processes of interference and diffraction of light, and of the mathematical description of polarization. This approach will result in a natural link to the formalism of Fourier Optics and the description of optical systems response in view of Linear Systems theory. The apprehension of the formalism will allow to understand and to explore the modern applications of the active control of the properties of optical beams, in which laboratory devices are used to control in space and/or time the amplitude and/or the phase of optical beams. Particular relevant applications will be explored in areas as diverse as R&D, Industry, Medicine (Lasers applications) and in Life Sciences (bio-imaging, optical tweezers in cell manipulation).

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O ensino seguirá o modelo de aulas teórico-práticas em sala de aula, com apoio de ferramentas de computação sempre que possível para aplicação do formalismo matemático e treino na sua utilização. Os tópicos abordados serão enquadrados com os trabalhos laboratoriais em curso nas UCs de Técnicas Laboratoriais Avançadas I/II. Serão feitas demonstrações laboratoriais das técnicas estudadas.

A avaliação será feita por recurso a A - exame e B- Avaliação Contínua (resolução de problemas). O cálculo da nota final será feito de acordo com a seguinte regra: Nota Final=A x 0,5+B x 0,5.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The teaching comprehends theoretical-practical classes in the classroom, with the support of computing tools whenever possible for the application of the mathematical formalism and training in its application. The topics covered will be put into context regarding the laboratory work in progress at the UCs of Advanced Laboratory Techniques I / II.

Laboratory demonstrations of the studied techniques will be made. The evaluation will use A- Final Exam and B- Continuous Evaluation (problem solving). The final grade will be evaluated according to the following rule: Final Grade= $A \times 0,5 + B \times 0,5$.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A metodologia de ensino treina a apreensão de conceitos pelo estudante, bem como a aplicação de conhecimentos em cenários padrão bem conhecidos, permitindo ganho de confiança e proficiência na aplicação dos conhecimentos e habilidades adquiridos a novas situações, quando necessário, dentro das áreas de tópicos avançados de óptica explorados.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The teaching methodology trains the student concept apprehension, as well as its application in known standard scenarios, allowing the gain in confidence and the proficiency in applying the acquired knowledge and skills to new situations where required within the advanced topics in optics.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Ammon Yariv (1997). Optical Electronics in Modern Communications. Oxford University Press, ISBN 0-19-510626-1

Joseph W. Goodman (1996). Introduction to Fourier Optics. McGraw Hill ISBN 0-07-114257-6

S. K. Saha (2011). Aperture synthesis : methods and applications to optical astronomy Springer. ISBN 9781441957092

Okan K. Ersoy (2007). Diffraction, Fourier optics and imaging. Wiley 9780471238164

Haldun M. Ozatkas, Zeev Zalevsky, M. Alper Kutay (200). The fractional Fourier transform : with applications in optics and signal processing. Wiley ISBN: 978-0-471-96346-2

F. Graham Smith, Terry A. King, D. Wilkins (2007). Optics and photonics : an introduction. Wiley, ISBN: 978-0470017845

Anexo II - Optoeletrónica

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Optoeletrónica

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Optoelectronics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

9.4.1.3. Duração:

Semestral/Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42 - TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

A Optoeletronica combina aspectos fundamentais relativos à natureza da luz (fotão) e da carga elétrica (electrão), assim como da sua interação, tópicos do domínio da Física, com a perspectiva de sistemas tecnológicos associados a funcionalidades complexas.

9.4.1.7. Observations:

Optoelectronics combines fundamental aspects related to the nature of light (photon) and electric charge (electron), as well as their interaction, topics in the field of Physics, with the perspective of technological systems associated with complex functionalities.

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

José Luís Campos Oliveira Santos (42TP)

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):*Objectivos Estruturantes*

- *Compreender os vários níveis de interacção entre o electrão e o fóton (entre luz e electricidade), desde o mais básico (troca de energia cinética) até ao de natureza mais fundamental que envolve sintonização de fase e enlaçamento quântico;*
- *Compreender como esses níveis de interação permitiram o desenvolvimento de dispositivos e sistemas revolucionários (de que são exemplo o laser, no primeiro caso, e os sistemas de comunicação por fibra óptica, no segundo);*
- *Reflexão sobre a natureza da luz.*

Objectivos Operacionais

Aquisição de competências conceptuais e operacionais relativamente aos tópicos seguintes:

- *Propagação ótica*
- *Acoplamento óptico*
- *Interferência ótica*
- *Amplificação óptica e Lasers*
- *Metamateriais e plasmónica no domínio óptico*
- *Simulação computacional de dispositivos optoeletrónicos*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*Structural Objectives*

- *Understanding of the various levels of interaction between the electron and the photon (between light and electricity), from the most basic (exchange of kinetic energy) to those of more fundamental nature involving phase tuning and quantum entanglement;*
- *Understanding how these levels of interaction allowed the development of revolutionary devices and systems (examples of which are the laser, in the first case, and fiber optic communication systems in the second);*
- *Wondering on the nature of light.*

Operational Objectives

Acquisition of conceptual and operational skills on the following topics:

- *Optical propagation*
- *Optical coupling*
- *Optical interference*
- *Optical amplification and Lasers*
- *Metamaterials and plasmonic in the optical domain*
- *Computer simulation of optoelectronic devices*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Os conteúdos programáticos situam-se nos domínios seguintes, sendo que os que se apresentarão em cada um deles serão de amplitude e complexidade diversa atendendo aos objectivos pretendidos para a Unidade Curricular e tempo disponível.

1. *Campos Ópticos – Conceitos Fundamentais;*
2. *Propriedades Ópticas dos Materiais;*
3. *Propagação Óptica;*
4. *Fibra Óptica;*
5. *Acoplamento Óptico;*
6. *Interferência Óptica;*
7. *Ressonância Óptica;*
8. *Absorção e Emissão Óptica;*
9. *Díodos Emissores de Luz (LED);*
10. *Amplificação Óptica;*
11. *Emissão Laser;*
12. *Lasers Semicondutores;*
13. *Fotodeteção;*
14. *Modulação Óptica;*
15. *Metamateriais no Domínio Óptico;*
16. *Plasmónica no Domínio Óptico;*
17. *Campos Ópticos Slow and Fast;*
18. *Campos Ópticos Squeezed;*
19. *A Optoeletrónica no Futuro;*
20. *Simulação Computacional e Optoelectrónica;*

9.4.5. Syllabus:

The syllabus index of the curricular unit is detailed below. The contents of each of them will be delivered with disctint amplitude and complexity keeping in mind the learning objectives looked for and the available lecture time.

1. *Optical Fields - Fundamental Concepts;*
2. *Optical Properties of Materials;*
3. *Optical Propagation;*
4. *Fiber Optics;*
5. *Optical coupling;*

6. Optical interference;
7. Optical Resonance;
8. Absorption and Optical Emission;
9. Light Emitting Diodes (LED);
10. Optical Amplification;
11. Laser emission;
12. Semiconductor lasers;
13. Photodetection;
14. Optical Modulation;
15. Metamaterials in the Optical Domain;
16. Plasmonics in the Optical Domain;
17. Slow and Fast Optical Fields;
18. Squeezed Optical Fields;
19. Optoelectronics in the Future;
20. Computer Simulation and Optoelectronics.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

No caso da compreensão dos níveis de interacção entre o electrão e o fóton adequam-se em especial as entradas (capítulos) seguintes:

Campos Ópticos – Conceitos Fundamentais

(Onde se aborda o tema central da natureza da Luz e do fóton, a questão da sua localização, fótons virtuais e vácuo quântico)

Campos Ópticos Squeezed

(Onde se expõe o conceito de campos ópticos squeezed e as suas aplicações no contexto das metrologias semi-clássica e quântica)

Quanto à compreensão do contexto, da ciência e da tecnologia que permitiram o desenvolvimento de dispositivos e sistemas revolucionários, aponta-se como exemplo a entrada seguinte:

Fibra Óptica

(Sendo que aqui se detalha tópicos como a propagação guiada e aspectos de sistemas de comunicação e de sensorização baseados em fibra óptica)

Amplificação Óptica e Lasers

(Onde se expõe os conceitos associados e o funcionamento de sistemas laser, particularmente lasers semicondutores).

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

In the case of understanding the levels of interaction between the electron and the photon, the following entries (chapters) are suitable:

Optical Fields - Fundamental Concepts

(The nature of light and of the photon are addressed, as well as the subject of its localization, virtual photons and quantum vacuum)

Squeezed Optical Fields

(The concept of squeezed optical fields is exposed and their applications in the context of semi-classical and quantum metrologies)

As for the understanding of science and technology that allowed the development of revolutionary devices and systems, the following entry is pointed as an example:

Optical fiber

(Topics such as guided propagation and aspects of fiber-based communication and sensing systems are detailed)

Optical Amplification and Lasers

(The associated concepts and the operation of laser systems are exposed, particularly semiconductor lasers).

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As horas de contato estão distribuídas em aulas teóricas e teórico-práticas. Nas primeiras são apresentados os conteúdos do programa, recorrendo-se a exemplos para explicitar os conceitos tratados e orientar os estudantes. Nas aulas teórico-práticas são resolvidos problemas ilustrativos dos conceitos apresentados e de consolidação de conhecimentos.

Na plataforma SIGARRA serão colocados materiais de apoio às aulas, em particular os slides das aulas teóricas, assim como exercícios complementares para as aulas teórico-práticas.

Avaliação será por exame final, sendo precedida por um teste que permite dispensa de exame caso seja igual ou superior a 9.5 valores. Se o aluno nestas condições for a exame a nota válida será a majorante das duas

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The contact hours are distributed between theoretical and practical classes. In the first ones are presented the contents of the program, using examples to clarify the concepts and guide students. Theoretical-practical classes address problems which are illustrative of the concepts presented, allowing knowledge consolidation. In the SIGARRA platform will be placed materials to support the classes, in particular the slides of the lectures, as well as complementary exercises for practical classes. Assessment will be by final exam, preceded by a test that allows exemption from examination if the associated mark equals or is greater than 9.5 values. If the student under these conditions attends the final exam the valid grade will be the majorant of the two.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Julga-se ser muito importante, em particular nesta unidade curricular, que haja uma muito boa ligação entre as matérias versadas nas aulas teóricas e teórico-práticas. Nesse sentido, as aulas teóricas são essencialmente de natureza muito formal com o intuito de, com muito rigor, serem apreendidos conceitos que nesta disciplina requerem particular reflexão por parte dos alunos. Quanto às aulas teórico-práticas são dadas num espírito mais aberto e menos formal, tendo em vista essencialmente as aplicações que são possíveis de realizar com os conhecimentos adquiridos teoricamente.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

In particular within this curricular unit it is important to develop an effective complementarity between the material presented on the theoretical and on the practical classes. Along this approach, the theoretical classes are essentially very formal with the objective that, with great rigour, to deliver concepts which require from the student a particular effort and focus. In what concerns the practical classes, they are much more open and less formal with the objective to induce comprehension about applications that are possible to address with the knowledge acquired.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*J. Ming Liu (2016). "Principles of Photonics", Cambridge University Press.
D. L. Andrews (2015). "Fundamentals of Photonic and Physics", John Wiley.
B.E.A. Saleh, M. C. Teich (1991). "Fundamentals of Photonics", John Wiley.
K. Okamoto (2006). "Fundamentals of Optical Waveguides", 2nd ed., Academic Press.
Bhattacharya (1994). "Semiconductor Optoelectronic Devices", Prentice-Hall.*

Anexo II - Programação e Bases de Dados

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Programação e Bases de Dados

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Programming and Databases

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Sérgio Armindo Lopes Crisóstomo (42-TP).

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Os estudantes deverão ficar a conhecer os principais conceitos de programação, ilustrados através da linguagem de programação Python (extensivamente utilizada em análise de dados). Serão iniciados às principais estruturas de dados, aos conceitos da programação orientada aos objetos bem como alguns algoritmos fundamentais.

Os estudantes serão introduzidos aos principais tópicos ligados às bases de dados relacionais. Serão ensinados conceitos básicos de modelação de dados usando o modelo EER. Serão ainda ensinados conceitos básicos SQL.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Students should get to know the main concepts of programming, illustrated through the Python programming language (extensively used for data analysis). Major data structures, object-oriented programming concepts as well as some fundamental algorithms will be introduced.

Students will be introduced to key topics related to relational databases. Basic concepts of data modeling will be taught using the EER model. They will be taught basic SQL concepts.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

Python:

- 1. Introdução à linguagem Python: variáveis, expressões, instruções.*
- 2. Utilização interativa do Python e definição de "scripts"; definição de funções simples.*
- 3. Condições e valores lógicos; instruções de execução condicional.*
- 4. Ciclos e iteração.*
- 5. Números pseudo-aleatórios; exemplos com simulação.*
- 6. Resolução numérica de equações; implementação algoritmos elementares.*
- 7. Processamento de variáveis indexadas (listas) e de texto (cadeias).*
- 8. Escrita e leitura de ficheiros de dados; traçado de gráficos com ferramentas externas (e.g. gnuplot).*
- 9. Recursão.*

Bases de dados:

- 10. Bases de dados: o modelo ER e EER.*
- 11. O modelo relacional.*
- 12. Conversão do modelo EER para o modelo relacional.*
- 13. A linguagem SQL.*

Acesso a bases de dados com python:

- 14. Python e MySQL, ligação a partir do Python a bases de dados MySQL.*
- 15. Cursores e manipulação de resultados de consultas SQL em Python.*

9.4.5. Syllabus:

Python:

- 1. Introduction to Python: variables, expressions and instructions.*
- 2. Interactive use of Python language; defining scripts and short functions.*
- 3. Conditions and logical values; instructions for conditional execution.*
- 4. Loops and iterators.*
- 5. Using pseudo-random numbers; examples for simulation.*
- 6. Numerical solution of equations; implementation of basic algorithms.*
- 7. Processing indexed variables (lists) and text (strings).*
- 8. Writing and reading data as text files; plotting data using external tools (e.g., gnuplot).*
- 9. Recursion.*

Databases:

- 10. Databases: the ER and EER model.*
- 11. The relational model.*
- 12. Conversion of the EER model to the relational model.*
- 13. The SQL language.*

Database access with python:

- 14. Python and MySQL, connection from Python to MySQL databases.*
- 15. Cursors and manipulation of SQL query results in Python.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Nesta UC serão abordados conceitos fundamentais de programação e bases de dados relacionais tendo em conta as necessidades mais específicas da análise de dados, o que permitirá aos estudantes a sua compreensão e aplicação.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

This course will address fundamental concepts of programming and relational databases taking into account the more specific needs of data analysis, which will allow students to understand them and apply them.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Ensino teórico com apresentação apoiada em apontamentos projectados. Recurso a exemplos, desenvolvendo pequenos programas de forma interactiva em Python durante as aulas de apresentação.

Aulas de laboratório com computadores onde são resolvidos pelos alunos pequenas fichas com problemas variados, com apoio do docente.

Exercícios formativos (auto-avaliação) em computador, para realizar fora das aulas e utilizando uma plataforma de validação automática de programas através de testes unitários.

A avaliação da UC é distribuída, composta por dois testes durante o e um trabalho prático durante o semestre. A classificação final (CF) corresponde à média ponderada das classificações obtidas no Trabalho (Trb), e nos dois testes (T1 e T2):

$$CF = 0.3 \cdot Trb + 0.35 \cdot T1 + 0.35 \cdot T2$$

Se $CF < 9.5$ (em 20), o estudante pode ir ao exame de recurso (ExR). Neste caso, a nota final será:

$$CF = 0.3 \cdot Trb + 0.7 \cdot ExR$$

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical teaching with presentation based on projected notes. Demonstration of programming examples by developing small programs interactively in Python during presentation classes.

Laboratory classes with computers where students solve small chips with varied problems, with the support of the teacher.

Practical exercises on computer (self-evaluation) to make out of classes and using a platform for automatic validation of programs through unit tests.

The evaluation of the course is distributed, consisting of two theoretical tests during the semester, and a project during the semester. The final grade (FG) is the weighted average of the grades obtained in the project (Prj) and in the two tests (T1 and T2):

$$FG = 0.3 \cdot Prj + 0.35 \cdot T1 + 0.35 \cdot T2$$

If $FG < 9.5$ (in 20 marks), then students are still eligible for "exame de recurso" (ExR). In this case final grade is:

$$FG = 0.3 \cdot Prj + 0.7 \cdot ExR$$

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

As partes expositivas das aulas servirão para fazer a introdução dos conceitos relevantes de programação e bases de dados. As partes práticas permitirão aos estudantes treinar as suas competências de resolução de problemas concretos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The lecturing parts will be used to introduce the relevant concepts of programming and databases. The practical parts will enable students to train their problem-solving skills.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- Allen Downey; *How to think like a computer scientist*. ISBN: 0-9716775-0-6
- Python for Data Analysis: *Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython*, Wes McKinney. ISBN-10: 1491957662
- Ramez Elmasri; *Fundamentals of database systems*. ISBN: 9780805317534 pbk

Anexo II - Química Física Aplicada

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Química Física Aplicada

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Applied Physical Chemistry

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

Q

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42 - T+TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Jorge Marques Gonçalves (21T + 21TP).

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Química-Física Aplicada é uma unidade curricular de carácter de especialização intermédia que versa o desenvolvimento e reconhecimento de competências especializadas na área da Química-Física dando especial ênfase ao reconhecimento e aplicação de conceitos.

Privilegia-se uma abordagem que leve o estudante a desenvolver metodologias de autoaprendizagem e ampliar as suas competências de natureza colaborativa, de análise de problemas e desenvolvimento de projetos em diferentes escalas, desde a escala atómico-molecular à macroscópica, às propriedades químicas, físicas e problemas de engenharia e sua aplicação prática.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

This course deals with specialization through the development and recognition of expertise in the field of physical chemistry with special emphasis on the recognition and application of concepts.

The focus is a lightweight approach that requires the student to develop methods of self-learning and broaden the skills of collaborative nature, problem analysis and development of projects in different scales from the atomic-molecular scale to the macroscopic to the chemical, physical and engineering problems and its practical application.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

1. Gases Reais: Interações Moleculares. Fator de Compressibilidade. Equação de van der Waals. Princípio dos Estados Correspondentes. Outras Equações de Estado. Fugacidade. Mistura de Gases.

2. Soluções Reais: Atividade e Coeficiente de Atividade. Funções de Excesso. Coeficientes de Atividade a Diluição Infinita. Equação de Gibbs–Duhem aplicada aos coeficientes de Atividade. Equilíbrio de Fases. Teorias de Soluções.

3. Termodinâmica de Outras Variáveis: Estudo Termodinâmico do Alongamento de um Elástico de Borracha. Efeito de Campos Gravitacionais. Efeito de Campos Centrífugos.

4. Processos em Fluxo: Sistemas Abertos. Balanços de Massa e de Energia. Processos em Fluxo e Estado Estacionário. Balanços de Energia em Peças de Equipamento. Processos em Fluxo e Regime Transiente. Balanços de Entropia. Produção de Energia. Refrigeração e Bombas de Calor. Trabalho Máximo/Mínimo em Peças de Equipamento. Eficiência em Peças de Equipamento. Ciclos Reais de Produção de Energia.

9.4.5. Syllabus:

1. Real Gases: Molecular Interactions. Compressibility Factor. The van der Waals equation. Principle of Corresponding States. Other Equations of State for Real Gases. Fugacity. Mixture of Gases. Fugacity of a Pure Liquid (or Solid).

2. Real Solutions: Activity and Activity Coefficients. Excess Functions. Activity Coefficients at Infinite Dilution. Gibbs - Duhem Equation Applied to Activity Coefficients. Phase Equilibrium. Theory of Solutions.

3. Thermodynamics of Other Variables: Thermodynamics of Rubber Elasticity. Effect of Gravitational Fields. Effect of Centrifugal Fields.

4. Flow Processes: Open Systems. Energy and Mass Balance Equations. Steady Flow Processes. Energy Analysis in some Steady-Flow Equipment Parts. Energy Analysis of Transient-Flow Processes. Entropy Balance. Energy Production. Refrigeration and Heat Pumps. Maximum/Minimum Work in Equipment Parts. Efficiency in Equipment Parts. Energy Production: Real Cycles.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Nesta unidade curricular pretende-se demonstrar formas de aplicação prática de alguns conceitos de Química-Física. São abordados alguns tópicos que permitem discutir aplicações no âmbito de gases reais, soluções reais, utilização de variáveis não convencionais em Termodinâmica e utilização de balanços energéticos e de massa no estudo de processos de fluxo, com aplicações no dimensionamento de equipamento industrial e de utilização diária (como frigoríficos ou aparelhos de ar condicionado, por exemplo).

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Applied Physical Chemistry aims to demonstrate some practical applications of Physical Chemistry concepts. Topics include applications on real gases, real solutions, non-conventional use of thermodynamics and energy and mass balances in the study of flow processes, with applications in industrial equipment design (like refrigerators and air conditioners, for instance).

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As aulas teóricas serão essencialmente de natureza expositiva e inquisitiva.

As aulas teórico-práticas serão essencialmente dedicadas a dois tipos de tarefas:

- a) elaboração e apresentação de um projeto relacionado com as temáticas da unidade curricular;*
- b) análise de alguns exemplos de aplicação dos conceitos ministrados nas aulas teóricas através da resolução de problemas.*

A classificação final atribuída: exame final escrito (70%) + trabalho desenvolvido no projeto (30%). Para obter aprovação, cada uma destas notas terá de ser igual ou superior a 8 valores, não podendo a classificação final ser inferior a 10 valores.

Durante o semestre serão realizados dois testes, facultativos, que permitirão a dispensa de exame final desde que a média das notas dos testes seja igual ou superior a 10 valores. Para poderem realizar o segundo teste os estudantes terão de ter uma nota superior ou igual a 8 valores no primeiro.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The theoretical classes have essentially an expository and inquisitive nature.

The theoretical-practical classes consist essentially of two types of tasks:

- a) development, presentation and discussion of a project related to the topics of the curricular unit;*
- b) analysis of some examples of application of the concepts presented in the theoretical classes through problem solving.*

The final grade is assigned considering both the mark of a final exam (70%) and the mark of the work done in the project (30%). To obtain approval, each of these marks should be equal to or greater than 8. The final grade cannot be lower than 10.

There will be two optional tests during the semester which will allow the exemption of the final exam since the average of the grades of the tests is equal to or greater than 10. In order to perform the second test, students must have a score greater than or equal to 8 in the first.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Com os tópicos abordados nas aulas teóricas pretende-se que os estudantes adquiram uma visão alargada de variadas aplicações dos conceitos de Química-Física. Pretende-se ainda estimular os estudantes no sentido de contribuírem com outras aplicações que considerem relevantes - para o efeito é disponibilizado um fórum na página da UC no MoodleUP.

Com a metodologia seguida nas aulas teórico-práticas pretende-se que os estudantes sejam capazes, através de trabalho reflexivo e colaborativo, de estruturar um projeto em que haja uma aplicação prática de conceitos da Química-Física.

Deste modo, cumprem-se os principais objetivos da UC: reconhecimento e aplicação de conceitos da Química-Física e desenvolvimento por parte dos estudantes de metodologias de autoaprendizagem e competências de criação e gestão de projetos nesta área.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

With the topics covered on the theoretical lectures it is intended to give the students a broad view of the several applications of Physical Chemistry concepts. The students are also encouraged to contribute with other examples of these applications. For this effect, a forum on MoodleUP is provided.

With the methodology followed in practical classes it is intended that the students be able to structure a project based on a practical application of Physical Chemistry concepts, through collaborative and reflexive work.

Thus, the main goals of this curricular unit are achieved: recognition and application of Physical Chemistry concepts and development of self-learning methodologies and skills on design and management of projects in this area.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- 1. Azevedo, E. G. (2018). Termodinâmica Aplicada (4ª edição). Lisboa, Portugal: Escolar Editora.*
- 2. Ott, J. B. & Boerio-Goates, J. (2000). Chemical Thermodynamics – Advanced Applications. London, England: Academic Press.*
- 3. Atkins, P., de Paula, J. & Keeler J. (2018). Physical Chemistry (11th Edition). Oxford, England: Oxford University Press.*
- 4. Levine, I. (2009). Physical Chemistry (6th Edition). New York, NY: McGraw Hill.*
- 5. Çengel, Y. A., Boles, M. A. & Kanoğlu, M. (2019). Thermodynamics: An Engineering Approach (9th Edition). New York, NY: McGraw Hill Education.*

Anexo II - Semicondutores e Dispositivos

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Semicondutores e Dispositivos

9.4.1.1. Title of curricular unit:

*Semiconductors and Devices***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:***FIS***9.4.1.3. Duração:***Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***André Pereira (42 TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***-***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***Após a conclusão da unidade curricular, o estudante deverá ser capaz de:**O1. Conhecimento e compreensão: compreender os princípios físicos dos semicondutores e seus dispositivos; compreender os processos de condução, a tecnologia de fabricação de dispositivos semicondutores.**O2. Aplicação de conhecimentos e compreensão de:**a) teoria de bandas, descrever e distinguir as estruturas de bandas de metais, isoladores e semicondutores;**b) aplicar os métodos estatísticos nos processos de transporte e densidade de portadores em semicondutores cristalinos;**c) princípios físicos de díodos de junção p-n e os conceitos básicos de operação dos FET e MOSFET;**d) princípios de fabricação de dispositivos semicondutores e suas aplicações.**O3. Formulação de juízos: ter capacidade em usar espírito crítico na resolução de exercícios.**O4. Competências de aprendizagem: ter capacidade em estudar autonomamente, acedendo a conteúdos didáticos disponibilizados na plataforma Moodle da UP.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***After completing the course, the student should be able to:**O1. Knowledge and understanding: understand physical principles of semiconductors and devices; understand conduction processes, fabrication technology and semiconductor device fabrication.**O2. Applying knowledge and understanding of:**a) band theory, describe and differentiate band structures of metals, insulators and semiconductors;**b) apply statistical methods to understand carrier statistics and density in crystalline semiconductors;**c) principles of p-n junction diode functioning and the basics of FET and MOSFET operation;**d) principles of semiconductor device manufacturing, testing and applications.**O3. Formulate judgments: apply critical thinking in the analysis and discussion of exercises.**O4. Learning skills: conduct self-study through access to educational resources available on the course e-learning Moodle platform of UP.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***1. Física dos semicondutores.**2. Bandas de energia e concentração de portadores de carga.**3. Fenómenos de transporte dos portadores de carga.**4. Semicondutores intrínsecos e extrínsecos.**5. Semicondutores degenerados e não degenerados.**6. Modificações estruturais e químicas de nanocristais semicondutores.**7. Díodos. Junção p-n.**8. Dispositivos unipolares e bipolares.**9. Transístores. FET, NFET e PFET.*

10. Os MOSFET.
11. Processos de crescimento de monocristais: "Czochralski" e "float zone".
12. Processos de "cleaning, texturing and etching".
13. Circuitos integrados.
14. Aplicações: Dispositivos óticos e dispositivos semicondutores de potência.

9.4.5. Syllabus:

1. Semiconductor physics.
2. Energy bands and carrier concentration.
3. Carrier transport phenomena.
4. Intrinsic and extrinsic semiconductors.
5. Degenerate and nondegenerate semiconductors.
6. Structural and chemical modifications of semiconductor nanocrystals.
7. Diodes. p-n Junction.
8. Unipolar and bipolar devices.
9. Transistors. FET, NFET and PFET.
10. The MOSFET.
11. Single crystal growing processes: Czochralski and float zone.
12. Cleaning, texturing and etching processes.
13. Integrated Circuits.
14. Applications: Optical devices and Semiconductor Power Devices.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

O conteúdo programático está conforme os objetivos da UC, estando estruturado para que o estudante desenvolva gradualmente as competências pretendidas.

As unidades 1-6 permitem aos estudantes adquirir o conhecimento e compreender a física de semicondutores, a nível de bandas de energia e de estatística de fenómenos de transporte, bem como aplicar estes conhecimentos a diferentes tipos de semicondutores –O1 e O2.

As unidades 7-10 permitem aos estudantes adquirir conhecimento e compreensão, bem como aplicação do conhecimento no âmbito de dispositivos semicondutores, como díodos, dispositivos unipolares e bipolares, transístores, FET, NFET, PFET e MOSFET–O1 e O2.

As unidades 11-12 relativas à tecnologia de fabrico de semicondutores e dispositivos reforçam os objetivos O1 e O2.

Em todas as unidades programáticas os estudantes poderão usar espírito crítico na resolução de problemas-O3 e estudar autonomamente, acedendo a conteúdos didáticos disponibilizados na plataforma Moodle da UP-O4.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The syllabus is aligned with course goals and structured so that students gradually develop the intended skills.

Program contents 1-6 allow students to acquire the knowledge and the understanding of the physical principles of semiconductors, namely band theory and carrier statistics, as well as to apply this knowledge to different types of semiconductors – O1 and O2.

Program contents 7-10 allow students to acquire the knowledge and understanding, as well as to apply it in the field of semiconductor devices, like diodes, unipolar and bipolar devices, transistors, FET, NFET, PFET and MOSFET – O1 and O2.

Program contents 11-12 for technology of semiconductor device fabrication reinforce the learning outcomes O1 and O2.

In all program contents, students can apply critical thinking in the analysis and discussion of exercises and conduct self-study by accessing educational resources available on the course e-learning Moodle platform of UP.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

O conteúdo programático será apresentado em aulas (TP), de forma essencialmente expositiva. Também serão efetuadas resoluções de problemas de consolidação da matéria dada usando plataforma Moodle_UP.

Escrita de um relatório individual, baseada em pesquisa bibliográfica e, tendo como tema, um dos tópicos do programa da UC. A escrita do relatório tem como objetivo a aplicação de conhecimentos adquiridos, a revisão crítica e sumária de trabalhos científicos atuais na área de semicondutores e dispositivos, publicados em revistas científicas de elevado impacto.

Tipo de Avaliação: Avaliação distribuída com exame final.

A classificação final do curso:

CF = 35%E + 35%TE + 30%PA_A

CF: Classificação final

E: nota do Exame final

TE: nota do Trabalho Escrito

PA_A: nota das Questões/Problemas_Avaliação + Apresentação

Para aprovação final na unidade curricular, o estudante deve obter uma classificação final mínima de 10 valores.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Subject's presentation will be held in lectures, predominantly expository. Resolutions of the consolidation problems will be performed out using the Moodle_UP platform.

Writing an individual report, based on bibliographic research and, having as theme, one of the topics of the UC program.

The writing of the report aims to apply acquired knowledge, critical and summary review of current scientific works in the area of semiconductors and devices, published in high impact scientific journals.

Assessment Type: Distributed assessment with final exam.

The final classification of the course:

CF = 35%E + 35%TE + 30%PA_A

CF: final grade

E: final exam

TE: written essay

PA_A: Questions/problem sets + Presentation

If the final grade ≥ 10 then the student passes.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

ENSINO PRESENCIAL:

Aulas teóricas/teóricas-práticas:

Apresentação dos conteúdos do programa de forma síncrona, em ambiente de sala de aula, recorrendo à utilização do Microsoft PowerPoint - O1

Exemplos e aplicação ao mundo real de tecnologias semicondutoras – O1, O2, O3

Resolução de problemas – O2, O3, O4

Discussão e análise crítica de problemas – O3

Orientação tutorial: sessões de esclarecimentos de dúvidas – O1, O2, O3, O4

ENSINO AUTÓNOMO/ONLINE:

Estudo da bibliografia recomendada – O1, O2, O4

Estudo dos apontamentos da UC – O1, O2, O3

E-aprendizagem na plataforma Moodle UP – O4

RECURSOS:

Sala de aula (T/TP): apresentações em Power Point dos conteúdos didáticos; uso do quadro - O1, O2

Textos de Apoio e Folhas de Problemas/Exercícios (realizados no âmbito da UC) - acompanham as sessões presenciais; permitem ao professor identificar problemas de compreensão dos estudantes; permitem aos estudantes gerir a sua aprendizagem de uma forma autónoma – O1, O2, O3, O4

Plataforma online (Moodle UP) – O4.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

FACE-TO-FACE INSTRUCTION:

Lectures/ Seminar classes:

Presentation of the course main content through Power Point slides in face-to-face instruction - O1

Examples and real-world applications of semiconductor technologies - O1, O2, O3

Problem solving - O2, O3, O4

Discussion and critical analysis of problems - O3

Tutorial guidance: sessions for clarification of doubts - O1, O2, O3 O4

SELF-STUDY / ONLINE:

Study of recommended bibliography - O1, O2, O4

Study of course notes - O1, O2, O3

E-learning via Moodle UP platform – O4

RESOURCES:

Classroom (T/TP): PowerPoint presentations of educational content; chalkboard writing - O1, O2

Handouts and problem sets - accompanying classroom sessions; allowing the identification of students' misconceptions; allowing students to manage their learning in an autonomous way - O1, O2, O3, O4.

E-learning platform (Moodle UP) – O4.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Anderson, B., Anderson, R. (2005). *Fundamentals of Semiconductor Devices. International Edition. Singapore (Asia): McGraw-Hill.*

Davies, J. (2000). *The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction. Cambridge (UK): Cambridge University Press.*

Lutz, J., Schlagenotto, H. (2011). *Semiconductor Power Devices: Physics, Characteristics, Reliability. Berlin (Germany): Springer-Verlag*

Bar-Lev, A. (1993). *Semiconductors and Electronic Devices. 3rd ed. NJ, USA: Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River.*

Victor I. Klimov. (2004) *Semiconductor and Metal Nanocrystals: Synthesis and Electronic and Optical Properties*

Seixas, T. M. (2016). *Course Notes in Semiconductors and Devices.*

Anexo II - Técnicas de Caracterização de Materiais

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Técnicas de Caracterização de Materiais

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Materials Characterization Technics

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

FIS

9.4.1.3. Duração:*Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***João Pedro Esteves de Araújo (42 TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***-***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):**

- *Aprender técnicas experimentais utilizadas em Ciência dos nanomateriais.*
- *Dominar técnicas de análise da estrutura interna dos materiais.*
- *Conhecer métodos de determinação da distribuição das unidades atómicas e moleculares dos materiais e sua interacção.*
- *Obter formação avançada em Ciência dos nanomateriais.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

- *Learn experimental techniques used in Materials Science.*
- *Mastering techniques of analysis of the internal structure of materials.*
- *Knowing methods of determining the distribution of atomic and molecular units of the materials and their interactions.*
- *Get advanced training in Materials Science of Nanomaterials.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Estudo das propriedades microscópicas e macroscópicas dos materiais por: Microscopia eletrónica de varrimento.*
- *Microscopia de força atómica e de efeito de túnel.*
- *Espectroscopia de fotoelétrons de raios-X; Difração de eletrões retro-difundidos.*
- *Espectroscopia Raman, Brillouin e infravermelha.*
- *Ressonâncias Magnética Nuclear e Paramagnética Electrónica.*
- *Difração de raios-X, neutrões e electrões.*
- *Espectroscopia dielétrica e medida da polarização eléctrica.*
- *Técnicas ópticas e electro-ópticas. Transmissão e reflectância, índice de refração, absorção óptica, fotoluminescência e elipsometria. Tomografia de Coerência Óptica.*
- *Magnetometria por SQUID. Fenómenos de Transporte. Técnica magneto-óptica.*
- *Resistividade eléctrica Magneto-resistência e Efeito Hall.*
- *Efeitos de Seebeck, de Spin e Peltiers. Termocondutividade. Dispersão de neutrões. Difração magnética. Dispersão inelástica. Radiação Sincrotrão. Dinâmica da rede.*

9.4.5. Syllabus:

- *Study of microscopic and macroscopic properties of materials by: Scanning electron microscopy;*
- *Atomic force microscopy and tunneling*
- *Photoelectron Spectroscopy X-rays. Diffraction retro-diffused electrons; Raman spectroscopy, Brillouin and infrared;*
- *Nuclear Magnetic and Paramagnetic Electronic Resonances.*
- *X-rays, neutron and electron diffraction;*
- *Dielectric spectroscopy, and measurement of electrical polarization;*
- *Optical, and electro-optical techniques. Transmission and reflectance, index of refraction, optical absorption, luminescence and ellipsometry. Coherent optical tomography;*
- *SQUID magnetometry. Transport Phenomena. Magneto-optical technique. Electrical resistivity, magneto- resistance, and Hall effect;*
- *Seebeck, and Peltiers effect. Thermoconductivity;*

- *Neutron Scattering. Magnetic diffraction. Inelastic scattering;*
- *Synchrotron radiation. Lattice dynamics.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

O programa é exposto nas aulas teórico-práticas. Para a leccionação recorre-se à projecção dos materiais relativos a cada uma das técnicas experimentais. Na maior parte dos casos existe a possibilidade de apresentar esses materiais nos espaços em que estão a funcionar as técnicas. Nestes espaços é possível acompanhar a apresentação da matéria da aula com a descrição do equipamento utilizado, podendo ainda fazer experiências demonstrativas da aplicação da técnica na caracterização de um material exemplo, avaliando através da análise dos resultados obtidos a sua importância na compreensão das suas propriedades.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

The program is presented in practical classes. For lecturing proposes, slides of the material corresponding to each experimental technique are used. In most cases, there is the possibility of presenting these materials in the laboratories where these techniques are running. In the laboratory, it is possible to follow the presentation of the lecturing material with the description of the equipment used, and to carry out demonstration experiments in a chosen material, and by analyzing the results obtained, to highlight their importance in understanding its properties.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

As horas de contacto estão distribuídas em aulas teórico-práticas. A apresentação do programa é assegurado pelo responsável da UC. Em certos módulos específicos recorre-se à contribuição de investigadores com larga experiência no uso das correspondentes técnicas experimentais. A sua contribuição tem como objectivo complementar a formação dos estudantes, permitindo-lhes estabelecer pontes com a investigação de qualidade realizada no estudo e caracterização dos materiais. Na portal da UC no Sigarra é disponibilizado material de estudo contendo a descrição detalhada dos conceitos, princípios, metodologia das técnicas, assim como a análise e significado dos resultados obtidos. Este material representa um dos meios oferecidos aos estudantes para a aquisição de conhecimentos e domínio das técnicas. A avaliação é realizada por prova final.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The contact hours are distributed in practical classes. The head of UC ensures the presentation of the program. In certain specific modules, there is the contribution of researchers with extensive experience in the use of the corresponding experimental techniques. Their contribution acts as a complement to the training of students, allowing them to build bridges with the high quality research carried out in the study and characterization of materials. The UC site in SIGARRA provides study material containing a detailed description of the concepts, principles, and methodology of each technique, as well as both the analysis and significance of the results. This material is one of the means offered to students to acquire knowledge and master the techniques. The assessment is obtained in final exam.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

O programa é exposto nas aulas teórico-práticas. Para a leccionação recorre-se à projecção dos materiais relativos a cada uma das técnicas experimentais. Na maior parte dos casos existe a possibilidade de apresentar esses materiais nos espaços em que estão a funcionar as técnicas. Nestes espaços é possível acompanhar a apresentação da matéria da aula com a descrição do equipamento utilizado, podendo ainda fazer experiências demonstrativas da aplicação da técnica na caracterização de um material exemplo, avaliando através da análise dos resultados obtidos a sua importância na compreensão das suas propriedades.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The program is presented in practical classes. For lecturing proposes, slides of the material corresponding to each experimental technique are used. In most cases, there is the possibility of presenting these materials in the laboratories where these techniques are running. In the laboratory, it is possible to follow the presentation of the lecturing material with the description of the equipment used, and to carry out demonstration experiments in a chosen material, and by analyzing the results obtained, to highlight their importance in understanding its properties.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

*Kaufmann Elton N. (2012). Characterization of Materials, Wiley and Sons.
Leng Y. (2008). Materials Characterization. Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods, John Wiley and Sons.
Zhang S. (2008). Materials characterization techniques, London, CRC Press.
Lynch Charles T. (1995). Handbook of materials science. CRC Press.*

Anexo II - Telescópios e Detetores para as Ciências do Espaço

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Telescópios e Detetores para as Ciências do Espaço

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Telescopes and detectors for spacial sciences

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:*FIS***9.4.1.3. Duração:***Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:***162***9.4.1.5. Horas de contacto:***42-TP+PL***9.4.1.6. ECTS:***6***9.4.1.7. Observações:***-***9.4.1.7. Observations:***-***9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):***Nuno Miguel Cardoso Santos (14-TP + 7-PL)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***Jorge Filipe Gameiro (14-TP + 7 PL)***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***No final desta UC os estudantes deverão saber/ser capazes de:**Entender os conceitos de instrumentação para as ciências do espaço, permitindo que um dia possam vir a ser líderes no desenvolvimento deste tipo de tecnologias utilizadas no ESO e na ESA.**Perceber a linguagem usada na área, os vários tipos de telescópios e instrumentos, e o tipo de dados que são recolhidos, bem como algumas especificidades para a sua análise. Deste modo esta unidade curricular abre fortes perspectivas de colaboração entre os estudantes (futuros profissionais) e instituições internacionais como o ESO e a ESA ou a sua integração na crescente indústria do espaço em Portugal.***9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:***Following this curricular unit, the students should be able to:**Understand the concepts related with instrumentation for space sciences, giving them the tools to become, one day, leaders in developing this type of technology used at ESO and ESA.**Understand the language used in the area, the various types of telescopes and instruments, and the type of data that is collected, as well as some details about its analysis. Thus, this course can open strong collaborations among students (future professionals) and international institutions such as the ESO and ESA as well as the growing national space industry.***9.4.5. Conteúdos programáticos:***Componente teórica:*

- 1. Astronomia observacional: tipos de dados e objetivos astrofísicos*
- 2. Tipos de detectores*
- 3. CCDs para astronomia visível: princípios físicos, funcionamento, e formação de imagem*
- 4. Detetores noutros comprimentos de onda*
- 5. Telescópios: tipos de telescópios e montagens*
- 6. Instrumentação para astronomia: componentes e desenho, princípios físicos de fotómetros, espectrógrafos, e interferómetros*
- 7. Instrumentação e desafios para o futuro no ESO e na ESA*

*Componente prática:**Os projetos propostos poderão variar de ano para ano e poderão ser de âmbito mais laboratorial/experimental ou mais computacional, como análise de dados/tratamento de imagem.**Exemplos de possíveis projetos: análise e caracterização de um CCD; estudo da imagem produzida após a injeção de luz incoerente numa fibra ótica.***9.4.5. Syllabus:***Lectures:*

- 1. Observational Astronomy: types of data, and astrophysical goals*

2. Types of detectors
3. CCDs for optical astronomy: basic principles, operation, and imaging
4. Detectors at other wavelengths
5. Telescopes: types of telescopes and mounts
6. Instrumentation for Astronomy: components and design, physical principles of photometers, spectrographs, and interferometers
7. Instrumentation and challenges for the future

Practical component:

The proposed projects may vary from one year to the next, and may be more laboratorial/experimental or more computational, such as data analysis/image processing.

Examples of possible projects: characterization of a CCD detector; analysis of the image produced after the injection of incoherent light into an optical fiber.

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

O capítulo 1 dá aos estudantes uma visão geral sobre a importância do desenvolvimento de instrumentação para observação do Universo, bem como da linguagem utilizada na área. Os capítulos 2 a 6 permitem ao estudante compreender os conceitos básicos da instrumentação utilizada nas ciências do espaço. No último capítulo discute-se os desafios e instrumentação para a próxima década. A componente prática permitirá aos estudantes consolidar e aplicar alguns dos conceitos mais relevantes ensinados na componente teórica.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Chapter 1 gives the students an overview of the importance of the instrumentation development for the observation of the universe as well as the language used in the area. Chapters 2-6 allow the student to understand the basics of instrumentation used in space sciences. In the last chapter we discuss the challenges and instrumentation for the next decade. The practical component will allow students to consolidate and apply some of the most important concepts taught in the theoretical component.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas teóricas com recurso ao quadro e, quando necessário, a multimédia. Slides distribuídos aos alunos. Resolução de exercícios teóricos. Apresentação de artigos científicos. Projeto prático a realizar em computador utilizando dados reais e o desenvolvimento de experiências que abordam problemas atuais.

Avaliação distribuída com exame final. Fórmula de avaliação calculado com a média pesada das 4 componentes:

- Exame escrito, com nota mínima de 7 (em 20) valores (40%);
- Apresentação de artigos científicos/manuais de instrumentação (20%);
- Projeto laboratorial (40%).

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

Theoretical classes using the blackboard and, when necessary, multimedia. Slides distributed to students. Resolution of theoretical exercises. Presentation of scientific articles. Practical software project to be carried using real data and the development of laboratory experiments that address existing problems in the area.

Distributed evaluation with final exam. Evaluation formula calculated with the weighted average of the 4 components:

- Written exam, with a minimum score of 7 (out of 20) values (40%);
- Presentation of scientific articles/instrumentation manuals (20%);
- Laboratory project (40%).

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A componente teórica permite aos alunos entender os conceitos mais importantes na área e estabelecer a ligação com os necessidades científicas em Astrofísica. Artigos científicos e componente prática permitem fazer a ponte entre o conhecimento académico e a realidade da investigação da área.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The theoretical component allows students to understand the most important concepts in the field and related them with the scientific needs in Astrophysics. Scientific articles and a practical component make it possible to bridge the gap between academic knowledge and the reality of research in the area.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

McLean Ian S. (2008). Electronic imaging in astronomy. ISBN: 978-3-540-76582-0

Steve B. Howell (2006). Handbook of CCF Astronomy, Cambridge University Press. ISBN: 9780511161056

Howell Steve B. 340 (1992). Astronomical CCD observing and reduction techniques. ISBN: 0937707424

Anexo II - Tópicos Avançados em Ciência de Dados

9.4.1.1. Designação da unidade curricular:

Tópicos Avançados em Ciência de Dados

9.4.1.1. Title of curricular unit:

*Advanced Topics in Data Science***9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:**

CC

9.4.1.3. Duração:*Semestral/ Semester***9.4.1.4. Horas de trabalho:**

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):*Rita Paula Almeida Ribeiro (21-TP)***9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:***Álvaro Figueira (10,5-TP);**Alípio Jorge (10,5-TP).***9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):***O estudante deverá ser capaz de:*

- *reconhecer diferentes problemas resolúveis através da utilização das técnicas de data mining abordadas e especificadas nos conteúdos;*
- *identificar e especificar tarefas de data mining idênticas às abordadas;*
- *obter e pré-processar dados para os algoritmos e as tarefas abordados;*
- *compreender e utilizar algoritmos de data mining;*
- *obter, interpretar, avaliar e utilizar modelos de data mining;*
- *implementar alguns dos algoritmos e propor alterações para os melhorar.*

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:*The student shall be able to:*

- *recognize different problem solved by using the data mining techniques addressed and specified in the contents;*
- *identify and specify data mining tasks identical to those addressed;*
- *obtain and preprocess data for the algorithms and tasks addressed;*
- *understand and use data mining algorithms;*
- *obtain, interpret, evaluate and use data mining models;*
- *implement some of the algorithms and propose changes to improve them.*

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Association Pattern Mining: itemsets frequentes e regras de associação; algoritmo Apriori; sumarização de itemsets e seleção de regras; algoritmo FP-Growth.*
- *Sequential Pattern Mining: algoritmo GSP; algoritmo PrefixSpan.*
- *Web Mining: information retrieval; sistemas de recomendação; link analysis.*
- *Text Mining: clustering de documentos; classificação de documentos.*
- *Outlier Mining: desafios; técnicas não supervisionadas, semi-supervisionadas e supervisionadas.*

9.4.5. Syllabus:

- *Association Pattern Mining: frequent itemsets and association rules; Apriori algorithm; itemsets summarization and rules selection; FP-Growth algorithm.*
- *Sequential Pattern Mining: GSP algorithm; PrefixSpan algorithm.*
- *Web Mining: information retrieval; recommender systems; link analysis.*
- *Text Mining: document clustering; document classification.*
- *Outlier Mining: challenges; unsupervised, semi-supervised and supervised techniques.*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Esta unidade curricular apresenta uma visão geral das técnicas de Data Mining aplicáveis a um conjunto de tarefas específicas relacionadas com a extração de conhecimento a partir de diversas fontes de dados (e.g. transações, web, texto). Pretende-se que, ao fornecer esta visão geral, o aluno seja capaz de identificar tarefas de Data Mining semelhantes às abordadas e compreender a metodologia proposta por cada algoritmo apresentado.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

This course presents an overview of the applicable Data Mining techniques to a set of specific tasks related to the extraction of knowledge from different data sources (e.g. transactions, web, text). It is intended that, in providing this overview, the student will be able to identify Data Mining tasks similar to those addressed and to understand the methodology proposed by each presented algorithm.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Aulas de caráter teórico-prático onde serão expostos os temas contemplados no programa e fornecidos alguns exemplos práticos de aplicação.

A avaliação da disciplina é distribuída, composta por um teste intermédio, um teste final e um trabalho prático durante o semestre.

O cálculo da classificação final é feito pela média pesada da nota prática e das notas teóricas através da fórmula:

$$NF = 0.35 * TI + 0.35 * TF + 0.30 * TP$$

em que,

TI é a nota do teste intermédio, TF é a nota do teste final e TP é a nota do trabalho prático.

Nota mínima nos testes e no trabalho prático: 30% (6 valores em 20)

O trabalho prático é obrigatório para obter frequência.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

The assessment of the unit is distributed and it is composed of two (2) theoretical tests and one (1) practical assignment.

The final grade is given as a weighted average of the practical grade and the theoretical grades using the following formula:

$$GFinal = 0.35 * MT + 0.35 * FT + 0.30 * PA$$

where,

MT is the grade of the midterm test, FT is the grade of the final test and PA is the grade of the practical assignment.

Minimum grade of the tests and the practical assignment: 30% (6 out of 20).

The practical assignment is mandatory.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

A exposição teórica de alguns dos algoritmos mais conhecidos para as tarefas de data mining apresentadas na unidade curricular será, sempre que possível, acompanhada por exercícios que permitam ao aluno aplicação dos mesmos a conjuntos de dados disponibilizados para o efeito. Com o trabalho prático, o aluno deverá ser capaz de identificar o algoritmo que melhor se adequa à tarefa de data mining que lhe é apresentada, proceder ao pré-processamento de dados que possa ser necessário e interpretar, de forma crítica, os resultados obtidos.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The theoretical exposition of some of the best known algorithms for the data mining tasks presented in the course will, whenever possible, be accompanied by exercises that allow the student to apply them to data sets made available for this purpose. With the practical assignment, the student should be able to identify the algorithm that best suits the data mining task presented to him, to proceed to the pre-processing of data that may be necessary and to critically interpret the results obtained.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

Charu C. Aggarwal (2015). Data Mining - The Textbook, Springer. ISBN: 978-3-319-14141-1

Liu Bing (2011). Web data mining. ISBN: 9783642194597

Hand David (2008). Principles of data mining. ISBN: 9780262082907

Anexo II - Visualização de Dados**9.4.1.1. Designação da unidade curricular:**

Visualização de Dados

9.4.1.1. Title of curricular unit:

Data Visualization

9.4.1.2. Sigla da área científica em que se insere:

CC

9.4.1.3. Duração:

Semestral/ Semester

9.4.1.4. Horas de trabalho:

162

9.4.1.5. Horas de contacto:

42-TP

9.4.1.6. ECTS:

6

9.4.1.7. Observações:

-

9.4.1.7. Observations:

-

9.4.2. Docente responsável e respetiva carga lectiva na unidade curricular (preencher o nome completo):

Álvaro Figueira (42h TP).

9.4.3. Outros docentes e respetivas cargas lectivas na unidade curricular:

-

9.4.4. Objetivos de aprendizagem (conhecimentos, aptidões e competências a desenvolver pelos estudantes):

Os estudantes deverão ficar a compreender os principais conceitos por detrás de um gráfico estatístico. Deverão ainda dominar os principais tipos de gráficos (univariados, multivariados e de rede), os conceitos por detrás dos gráficos condicionados, bem como técnicas de visualização interativa. Deverão ainda ser capazes de distinguir e aplicar correctamente os tipos de gráficos ao problema de visualização, tendo também em atenção as propriedades de integridade gráfica.

Os estudantes deverão ser capazes de criar gráficos usando a ferramenta R, concretamente através da infra-estrutura proporcionada pela package ggplot2.

9.4.4. Learning outcomes of the curricular unit:

Students shall be expected to understand the key concepts behind a statistical chart. They shall also master the main types of graphs (univariate and multivariate), the concepts behind the conditioned graphs, as well as interactive visualization techniques. Students should also be able to correctly distinguish and apply the types of graphs to the visualization problem, also taking into account the graphical integrity properties.

Students shall be able to create graphs using the R tool, specifically through the infrastructure provided by the ggplot2 package.

9.4.5. Conteúdos programáticos:

- *Elementos fundamentais na visualização gráfica de dados;*
- *Tipos de gráficos, adequação ao problema e integridade gráfica;*
- *Criação de gráficos para dados univariados e multivariados;*
- *Representação gráfica de redes complexas;*
- *Gráficos condicionais, temporais e com valores multi-agregados;*
- *Painéis para manipulação interactiva de visualizações gráficas simultâneas;*

9.4.5. Syllabus:

- *Main concepts for the graphic visualization of data;*
- *Types of graphs, graph integrity and graph compliance to the problem;*
- *Statistical graphs for univariate and multivariate data;*
- *Conditional graphs, temporal and with multi-aggregated information;*
- *Interactive data visualization through multiple panels;*

9.4.6. Demonstração da coerência dos conteúdos programáticos com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular

Os estudantes necessitam de compreender as categorias para a representação gráfica de forma a poderem fazer a correcta correspondência entre a visualização do problema e a sua correcta representação gráfica. Questões de integridade gráfica permitem obter gráficos mais legíveis e com melhor correspondência com o fenómeno que

representam. Pretende-se recorrer às ferramentas mais avançadas em uso corrente na área, de forma a proporcionar aos estudantes uma experiência realista com as ferramentas mais usadas.

9.4.6. Demonstration of the syllabus coherence with the curricular unit's learning objectives.

Students need to understand the categories for the graphical representation so that they can correctly match the visualization of the problem and its correct graphical representation. Graphic integrity issues allows them to get graphics that are more readable and better matched to the phenomenon they represent. It is intended to use the most advanced tools in current use in the area, in order to provide students with a realistic experience with the most commonly used tools.

9.4.7. Metodologias de ensino (avaliação incluída):

Será usada "avaliação distribuída com exame final".

A avaliação da disciplina é composta por um teste teórico durante o semestre (ou em alternativa um exame final), e um trabalho prático no final do semestre.

O cálculo da classificação final é feito pela média pesada das notas práticas e teóricas através da fórmula:

*NotaFinal = 0.50 * NotaTrabalho + 0.50 * NTesteOuExame*

Os estudantes não obtêm frequência à unidade curricular se algum dos componentes de avaliação tiver nota inferior a 35%.

9.4.7. Teaching methodologies (including evaluation):

"Distributed evaluation with final exam" will be used.

The evaluation consists of a theoretical test during the semester (or alternatively a final exam), and a practical assignment at the end of the semester.

The calculation of the final classification is done by the average weighted of the practical and theoretical notes through the formula:

*EndNote = 0.50 * CGrade + 0.50 * TestOrExamGrade*

Students do not obtain a course unit if any of the evaluation components has a mark lower than 35%.

9.4.8. Demonstração da coerência das metodologias de ensino com os objetivos de aprendizagem da unidade curricular.

Usa-se a metodologia tradicional de exposição de conteúdos, complementada com exemplos de situações práticas, bem como a execução aplicada dos conhecimentos para melhorar a consolidação dos conhecimentos e a capacidade de aplicação em novas situações. A nível dos trabalhos práticos procura-se ainda o desenvolvimento de capacidades de análise e síntese, e de criatividade na busca de soluções alternativas para os problemas.

9.4.8. Demonstration of the coherence between the teaching methodologies and the learning outcomes.

The traditional methodology of contents exposition is used, complemented with examples of practical situations, as well as the applied execution to improve the consolidation of the obtained knowledge and skills, and the capacity to apply them in new situations. At the level of the practical course work, we also seek the development of analytical and synthesis capacities and creativity skills in the search for alternative solutions to problems.

9.4.9. Bibliografia de consulta/existência obrigatória:

- *The Grammar of Graphics, L. Wilkinson, 2005. ISBN-10: 0387245448*
- *The Visual Display of Quantitative Information, 2nd Edition, Edward Tufte, 2001. ISBN-10: 0961392142*
- *The Elements of Graphing Data 2nd Edition, William Cleveland, 1994. ISBN-10: 0963488414*
- *Visualizing Data, William Cleveland, 1993. ISBN-10: 0963488406*
- *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis, Hadley Wickham. ISBN-10: 0387981403*
- *Tableau Your Data: Fast and Easy Visual Analysis with Tableau Software, 2nd Edition, Daniel G. Murray 2016. ISBN-10: 1119001196. ISBN-13: 978-1119001195*
- *Visualizing Graph Data, Corey L Lanum, 2016. ISBN-10: 1617293075.*

9.5. Fichas curriculares de docente

Anexo III - Ana Paula Nunes Gomes Tomás

9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Ana Paula Nunes Gomes Tomás

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Olga Maria Oliveira da Silva Lage

9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):

Olga Maria Oliveira da Silva Lage

9.5.2. Ficha curricular de docente:

[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)

Anexo III - Fernando Manuel Santos Tavares**9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Fernando Manuel Santos Tavares***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Teresa Monteiro Seixas****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Teresa Monteiro Seixas***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - João Pedro Pedroso Ramos Santos****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João Pedro Pedroso Ramos Santos***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Luís Gustavo de Carvalho Pereira****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Luís Gustavo de Carvalho Pereira***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Maria Susana Jorge Pereira****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Maria Susana Jorge Pereira***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Alípio Mário Guedes Jorge****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Alípio Mário Guedes Jorge***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Helder Manuel Paiva Rebelo Cerejo Crespo****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Helder Manuel Paiva Rebelo Cerejo Crespo***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Paulo Vicente da Silva Marques****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Paulo Vicente da Silva Marques***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - José Luís Campos de Oliveira Santos****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***José Luís Campos de Oliveira Santos*

9.5.2. Ficha curricular de docente:[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Sérgio Armindo Lopes Crisóstomo****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Sérgio Armindo Lopes Crisóstomo***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - Jorge Marques Gonçalves****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***Jorge Marques Gonçalves***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - André Miguel Trindade Pereira****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***André Miguel Trindade Pereira***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)**Anexo III - João Pedro Esteves de Araújo****9.5.1. Nome do docente (preencher o nome completo):***João Pedro Esteves de Araújo***9.5.2. Ficha curricular de docente:**[Mostrar dados da Ficha Curricular](#)